LUGLIO-AGOSTO 1952 - Anno 1 - Num. 4
SUPPLEMENTO AL RADIOCORRIERE - SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - IV GRUPPO

EDIZIONI RADIO ITALIANA

IN QUESTO NUMERO

LIRE 300

CAVI E CONDUTTORI

per tutti i rami della

TECNICA DELL'ALTA FREQUENZA

Rappr. Gen.

Ing. OSCAR ROJE

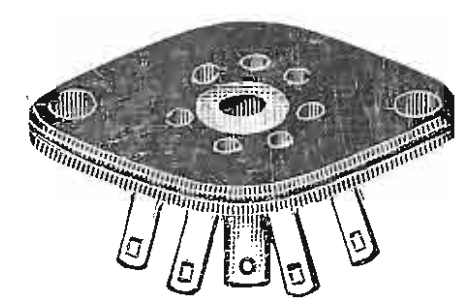
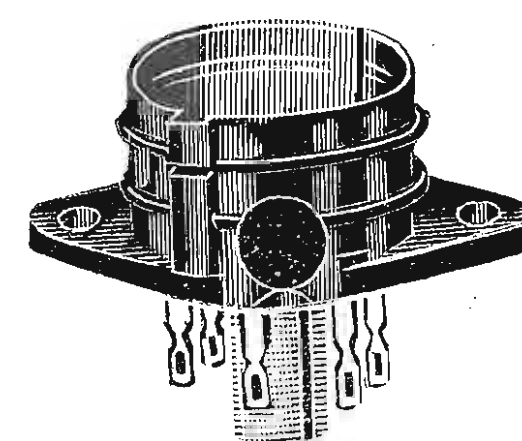
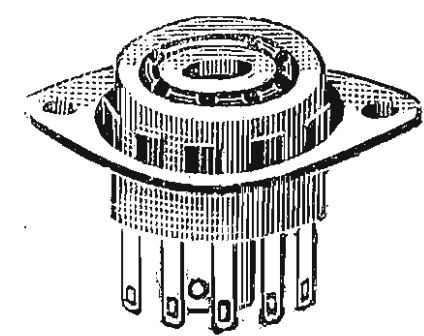
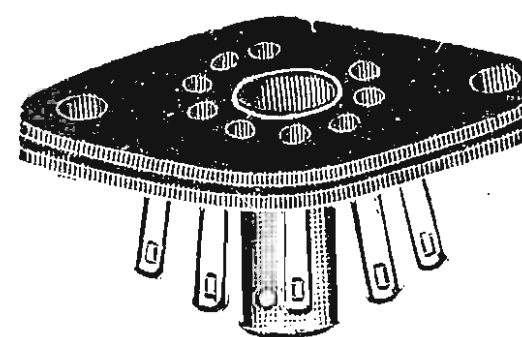
MILANO - Via T. Tasso 7

Tel. 42.241

Felten & Guilleaume Carlswerk AG
Köln-Mülheim

INDUSTRIA ITALIANA SUPPORTI PER VALVOLE RADIO **UGO SAONER**

VIA ARENA, 22 - **MILANO** - TELEF. 33-684 - 381.808

Radioaccessori - Minuterie radiotecniche
ZOCCOLI PER VALVOLE
di ogni tipo

MINIATURE (7 piedini) tranc. tangentdelta

RIMLOCK

MINIATURE (7 piedini) stamp. in bachelite con ghiera orientabile

NOVAL (9 piedini) in tangentdelta

FORNITORE DELLE PRINCIPALI INDUSTRIE RADIOFONICHE

CAMPIONI GRATIS A RICHIESTA

APPARECCHI E STRUMENTI SCIENTIFICI ED ELETTRICI

VIA RUGABELLA, 9 - **MILANO** - TEL. 891.896 - 896.334
Ind. Telegraf. AESSE - Milano

APPARECCHIATURE PER TV E UHF

RIBET & DESJARDINS
Wobulatore: 2 – 300 MHz
Oscillografo: 2 Hz ÷ 10 MHz

FERISOL
Generatore: 8 ÷ 220 MHz
Generatore: 5 ÷ 400 MHz
Voltmetro a valvole: 0 – 1000 MHz
0 – 30.000 V c.c.

S. I. D. E. R.
Generatore d'Immagini con quarzo pilota alta definizione

Prospetti e chiarimenti a richiesta

PHILIPS

Rimlock SERIE U

Valvola	Accensione	Funzione	Condizioni	Correnti	Caratteristiche
UCH 42 Triodo - esodo	V_f = 14 V I_f = 0.1 A	Convertitore di frequenza (parte esodo)	V_a = 170 V R_1[1] = 18 kΩ R_2[2] = 27 kΩ R_{g3+gT} = 47 kΩ V_{g1} = –1.85 V	I_a = 2.1 I_{g2+g4} = 2.6 I_{g3+gT} = 0.20	S_c = 670 μA/V R_i = 1.0 MΩ
			V_a = 100 V R_1[1] = 18 kΩ R_2[2] = 27 kΩ R_{g3+gT} = 47 kΩ V_{g1} = – 1.0 V	I_a = 1 2 I_{g2+g4} = 1.5 I_{g3+gT} = 0.10	S_c = 530 μA/V R_i = 1.2 MΩ
		Oscillatore (parte triodo)	V_b = 170 V R_a = 10 kΩ R_{g3+gT} = 47 kΩ V_{osc} = 8 V_{eff}	I_a = 5.7 I_{g3+gT} = 0.20	S_{eff} = 0.65mA/V
			V_b = 100 V R_a = 10 kΩ R_{g3+gT} = 47 kΩ V_{osc} = 4 V_{eff}	I_a = 3.1 I_{g3+gT} = 0.10	S_o = 2.8mA/V S_{eff} = 0.6mA/V μ = 22
UBC 41 Doppio diodo-triodo	V_f = 14 V I_f = 0.1 A	Caratteristiche tipiche	V_a = 170 V V_g = –1.6 V	I_a = 1.5	S = 1.65 mA/V R_i = 42 kΩ μ = 70
			V_a = 100 V V_g = – 1.0V	I_a = 0.8	S = 1.4 mA/V R_i = 50 kΩ μ = 70
		Amplificatore B.F.	V_b = 170 V R_a = 0.1 MΩ R_k = 3.9 kΩ	I_a = 0.45	g = 37
			V_b = 100 V R_a = 0.1 MΩ R_k = 3.9 kΩ	I_a = 0.28	g = 34
UF 41 Pentodo a pendenza variabile	V_f = 12.6V I_f = 0.1 A	Amplificatore A.F. o M.F.	V_a = 170V R_{g2} = 40 kΩ V_{g1} = – 2.5 V	I_a = 6 I_{g2} = 1.75	S = 2.2 mA/V R_i = 1.0 MΩ C_{ag1} < 0.002 pF
			V_a = 100V R_{g2} = 40 kΩ V_{g1} = – 1.4 V	I_a = 3.3 I_{g2} = 1.0	S = 1.9 mA/V R_i = 0.8 MΩ C_{ag1} < 0.002 pF
UAF 42 Diodo Pentodo a pendenza variabile	V_f = 12.6V I_f = 0.1 A	Amplificatore A.F. o M.F.	V_a = 170V R_{g2} = 56 kΩ V_{g1} = – 2.0 V	I_a = 5 I_{g2} = 1.5	S = 2.0 mA/V R_i = 0.9 MΩ C_{ag1} < 0.002 pF
			V_a = 100V R_{g2} = 56 kΩ V_{g1} = – 1.2 V	I_a = 2.8 I_{g2} = 0.9	S = 1.7 mA/V R_i = 0.85 MΩ C_{ag1} < 0.002 pF
		Amplificatore B.F.	V_b = 170V R_a = 0.22MΩ R_{g2} = 0.82MΩ R_k = 2.7kΩ	I_a = 0.5 I_{g2} = 0.17	g = 80
			V_b = 100V R_a = 0.22MΩ R_{g2} = 0.82MΩ R_k = 2.7kΩ	I_a = 0.29 I_{g2} = 0.09	g = 75
UL 41 Pentodo finale	V_f = 45 V I_f = 0.1 A	Amplificatore d'uscita classe A	V_a = 165 V V_{g2} = 165 V V_{g1} = – 9.0 V R_k = 140 Ω	I_a = 54.5 I_{g2} = 9	S = 9.5 mA/V R_i = 20 kΩ R_a = 3 kΩ W_a = 9 W W_o = 4.5 W
			V_a = 100 V V_{g2} = 100 V V_{g1} = – 5.3 V R_k = 140 Ω	I_a = 32.5 I_{g2} = 5.5	S = 8.5 mA/V R_i = 18 kΩ R_a = 3 kΩ W_o = 1.35 W
UY 41 Raddrizzatore ad una semionda	V_f = 31 V I_f = 0.1 A	Raddrizzatore	V_i = 220 V_{eff} = 127 V_{eff}	I_o = max.100 = max.100	R_t = min. 160 Ω R_t = min. 0 Ω C_{fill} = max. 50 μF

La serie che ha raggiunto la massima diffusione sul mercato italiano

Rimlock *Miniwatt*

NUMERO 4 ANNO I

LUGLIO AGOSTO 1952

DA PAGINA 165 A PAGINA 212

DIRETTORI:
EDOARDO CRISTOFARO
VITTORIO MALINVERNI

VICE DIRETTORE TECNICO:
GIUSEPPE DILDA

DIREZIONE E AMMINISTRAZIONE:
TORINO
VIA ARSENALE 21 - TELEF. 41.172

Concessionaria esclusiva della pubblicità:
COMPAGNIA INTERNAZIONALE PUBBLICITÀ PERIODICI (CIPP)
MILANO, VIA MERAVIGLI 11 - TEL. 808-350
TORINO, VIA POMBA 20 - TELEF. 45-816

La fotografia riprodotta in copertina mostra il Salone dei trasmettitori del nuovo Centro di Roma Santa Palomba. In primo piano il banco di comando del trasmettitore ad onda corta (m 76,34) del Terzo Programma; in secondo piano il banco di comando del trasmettitore da 150 kW, RO 2, e, a destra, il frontale del trasmettitore stesso; in fondo, il banco del trasmettitore da 100 kW, RO 1, con il suo frontale.

ELETTRONICA
E TELEVISIONE ITALIANA

Sommario.

EDIZIONI RADIO ITALIANA

IL PRESENTE NUMERO DI "ELETTRONICA E TELEVISIONE ITALIANA" IN ITALIA COSTA LIRE 300 (ARRETRATI LIRE 400) — I VERSAMENTI POSSONO ESSERE FATTI SUL CONTO CORRENTE POSTALE N. 2/37800
ALL'ESTERO LIRE 500 (ARRETRATI LIRE 600)

ABBONAMENTO ANNUALE: IN ITALIA LIRE 1500 - ALL'ESTERO L. 2500
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - IV GRUPPO
REGISTRATO ALLA CANCELLERIA DEL TRIBUNALE C. P. DI TORINO AL N. 493 IN DATA 6-11-1951

LE DUE SOLUZIONI DELLA TELEVISIONE A COLORI

di DONALD G. FINK

(*Riprodotto dai* Proceeding of the I.R.E., *vol. 39, n. 10, ottobre 1951, per gentile concessione dell'I.R.E.*)

I tecnici e gli enti amministrativi interessati alla scelta delle norme per la televisione a colori sono stati per molti anni divisi in due campi di opinioni. Nel primo campo si è sostenuta l'opportunità di adottare un sistema basato sopra un'apparecchiatura semplice (il *sistema sequenziale per trame*) nonostante certe difficoltà derivanti per esso dalla natura della visione umana. Nel secondo campo si è propugnata invece l'adozione di un sistema basato sopra un'apparecchiatura più complicata (il *sistema con sub-portante*) per trarre vantaggio da certe caratteristiche della visione umana e conferire così qualità più elevata alla trasmissione.

Questo scisma è stato notevolmente aggravato dall'entità degli investimenti già fatti dal pubblico per l'acquisto di più di 13 milioni di ricevitori progettati per le norme di analisi delle trasmissioni in bianco e nero, a 525 righe e 60 trame (o campi) per secondo; ricevitori che non possono funzionare con altre norme senza dover subire modifiche profonde.

Sfortunatamente il metodo sequenziale per trame porta inevitabilmente a norme di analisi che sono assai fuori del campo di funzionamento di tali ricevitori; esso risulta quindi incompatibile con l'esistente struttura della diffusione televisiva e nella fase iniziale del suo impiego deve affrontare un grave svantaggio economico. Il sistema con sub-portante è invece intrinsecamente più flessibile per ciò che si riferisce alla scelta delle norme di analisi e può quindi adottare valori identici a quelli usati per la televisione in bianco e nero, risultando così compatibile con essa.

Sebbene il desiderio di attuare un sistema a colori compatibile sia senza dubbio lo stimolo principale allo sviluppo del sistema con sub-portante, è dubbio che la compatibilità debba essere il fattore determinante nella scelta di un sistema. La compatibilità ha conseguenze economiche importanti solo durante i primi stadi di attuazione di un servizio di televisione a colori. È da attendersi tuttavia che nel seguito i normali processi della concorrenza e dell'invecchiamento colmino il distacco esistente tra i due sistemi per quanto riguarda le norme di analisi. Superato il periodo di transizione, le questioni importanti e permanenti sono la qualità del servizio televisivo (a colori e in bianco e nero) e il costo della sua prestazione e della sua utilizzazione. Poichè la vita delle norme televisive è da presumersi più lunga del periodo di transizione, sembrerebbe che l'importanza maggiore debba essere attribuita alla qualità ed ai fattori di costo, e che la compatibilità dovrebbe essere tenuta in considerazione soltanto in relazione all'influenza da essa esercitata sull'accoglimento iniziale della televisione a colori da parte del pubblico.

Questo principio è stato adottato dalla Federal Communications Commission nella sua recente azione che ha portato all'adozione del sistema sequenziale per trame per il servizio pubblico. In effetti la Commissione ha deciso che l'adozione di un sistema di trasmissione a colori non doveva essere ritardata solo perchè esso era incompatibile; e che non si doveva adottare un sistema a colori di qualità inferiore soltanto perchè compatibile. Vista nella prospettiva dello scorso anno, a molti osservatori tale decisione sembra corretta per il momento in cui fu presa. In tale epoca infatti la qualità ed i fattori di costo facevano pendere la bilancia dalla parte del sistema sequenziale per trame e la discussione sulla compatibilità è servita soltanto come motivo per prendere una decisione immediata e facilitare l'attuazione del servizio basato su tale sistema.

L'errore che si può giustamente attribuire alla Commissione è l'aver giudicato che la qualità del sistema con sub-portante non potesse essere migliorata, ed i suoi costi non potessero essere ridotti, in un periodo di tempo paragonabile a quello richiesto per introdurre il sistema sequenziale per trame.

Al momento attuale sembra che l'errore della Commissione sia stato quello di essersi dimostrata eccessivamente conservatrice, cosa pericolosa quando si tratta di valutare il corso futuro del progresso tecnico. Fortunatamente in una società libera, giudizi di tal genere sono suscettibili di revisione; e difatti la Commissione ha « lasciato la porta aperta » per un riesame della questione non appena i progressi tecnici lo renderanno giustificato. Sembra così che la procedura che verrà seguita in avvenire, per quanto si riferisce al regolamento amministrativo del servizio di televisione a colori, dovrà comportare una valutazione continuamente rinnovata della qualità e dei costi, fino a che verrà il momento in cui l'accettazione da parte del pubblico dell'uno piuttosto che dell'altro sistema escluderà ogni discussione ulteriore.

Però, nel tentativo di valutare i meriti comparati del sistema sequenziale per trame e di quello con sub-portante, dal punto di vista della qualità e dei costi, il tecnico si trova di fronte ad una rapida evoluzione scientifica, più rapida di quella verificatasi in qualsiasi altra precedente fase della storia della televisione. La rapidità del cambiamento proviene, non solo dallo sviluppo degli apparati, bensì dal nostro apprezzamento della funzione dell'occhio umano quale elemento di un sistema televisivo.

Contemporaneamente è avvenuta una rivoluzione in parecchi concetti tradizionali della teoria della trasmissione; e metodi di trasmissione che pochi anni or sono sembravano impossibili alla maggioranza dei tecnici della televisione, sono stati ora ulteriormente analizzati, riconosciuti idonei e praticamente provati.

Non ci si deve quindi sorprendere della molta confusione che esiste fra i radiotecnici, anche fra quelli specializzati nello studio dei sistemi di televisione. Uno dei risultati di tale confusione è la tendenza a prendere partito nella controversia, inasprendola, in base a una conoscenza parziale dei fatti. Si sentono tecnici qualificati che parlano del sistema con sub-portante come di un « paper system »; ed altri parimenti qualificati che condannano quello sequenziale per trame per la sua « complicazione meccanica ». In linea di fatto nessuno di questi giudizi è valido ed essi non possono nemmeno servire di base per una discussione. Durante gli ultimi mesi si sono fatti strada taluni concetti chiarificatori e sono state date certe dimostrazioni cruciali che consentono di guardare tutto il campo della televisione, ivi compresi i due principali sistemi di televisione a colori, secondo una prospettiva migliore di quella che è stata possibile dalla fine della guerra in poi.

Lo scopo di questo scritto è di passare in rassegna questi concetti e queste dimostrazioni come introduzione ad articoli più specializzati.

Requisiti soggettivi nella televisione.

Dal punto di vista della tecnica dei sistemi, la frase « qualità del servizio televisivo » si riferisce ad una sola delle caratteristiche del sistema: la misura nella quale l'immagine televisiva soddisfa gli osservatori come « riproduzione piacevole » degli eventi che accadono innanzi alla camera da presa. La parola importante in tale definizione è « piacevole » (1). Dieci anni fa per i tecnici della televisione il criterio di giudizio sarebbe stato quello di « riproduzione esatta ». Oggi, sovrattutto come risultato dell'influenza di conoscenze tratte dal campo della fotografia, si riconosce che la riproduzione non deve essere « esatta » in senso tecnico.

Dal punto di vista economico, un sistema non deve essere capace di dare di più di quanto è necessario per fornire un'immagine che risulti piacevole all'osservatore medio tipico.

Un pieno riconoscimento di questo criterio ha accompagnato l'evoluzione della televisione a colori, non solo per i molti compromessi che essa comporta, ma anche perchè i tecnici della televisione si sono valsi dell'esperienza compiuta dai tecnici fotografici nella riproduzione dei colori. Nella fotografia a colori è verità per se stessa evidente che una riproduzione accurata è in genere meno soddisfacente di una riproduzione distorta ma accuratamente combinata al fine di suscitare nell'osservatore la sensazione di immagine « naturale », « brillante », « calda » o « fredda » secondo il contesto del soggetto.

Un sistema di televisione a colori deve essere flessibile abbastanza per trasmettere queste distorsioni intenzionali della qualità dell'immagine; *ma non dovrebbe essere mai chiamato a dare una riproduzione dell'immagine che sia « più che piacevole »*. Questa limitazione, apparentemente di poca importanza, ha una influenza profonda sul costo di attuazione del servizio e sulla larghezza della gamma occupata nello spettro delle radiofrequenze. Essa comporta che il sistema non dovrebbe avere capacità superiori a quelle sufficienti a fornire una immagine soddisfacente (piacevole) poichè tali capacità costano care sia in denaro sia in « frequenze ».

Conseguentemente il punto di partenza appropriato per il progetto di un sistema di televisione deve essere uno studio statistico di ciò che costituisce un'immagine piacevole. Le statistiche devono essere basate sulle risposte di un *campione* convenientemente numeroso di osservatori pratici (ma preferibilmente privi di addestramento tecnico) ai quali va chiesto di esprimere una preferenza o di discernere una differenza allorchè viene cambiata una delle variabili che determinano la qualità dell'immagine.

Negli anni scorsi sono state eseguite numerose prove del genere. Una serie cruciale sulla nitidezza (sharpness) soggettiva delle immagini televisive eseguita da Baldwin (2) nel 1939-40 ha esercitato un'influenza notevole nella scelta (da parte del National Television System Committee) dello *standard* a 525 righe in luogo di quello a 441 allora in voga. Prove numerose sullo sfarfallio sono state eseguite dai tecnici cinematografici e, nel campo della televisione, dal Comitato T S 2.3 della RMA nel 1946 (3) e dal Gruppo di Studio 11 del CCIR nel 1950. Queste prove confermano la forma logaritmica della legge di Ferry-Porter e stabiliscono i livelli assoluti di brillanza in corrispondenza dei quali lo sfarfallio diviene percettibile e intollerabile, per un dato apparecchio ed in determinate condizioni di osservazione.

Oltre alle prove soggettive sulla risoluzione e sullo sfarfallio, altre ne occorrono per stabilire le distorsioni ammissibili o desiderabili nella gradazione dei « toni » delle immagini televisive. Anche a questo proposito nel campo della cinematografia sono state eseguite prove molto estese e sono stati stabiliti i valori preferiti dei gamma negativo e positivo, il campo di variazione del contrasto ed i limiti di brillanza e di alone.

In televisione questa materia è stata sviluppata meno perfettamente, particolarmente per il fatto che le norme della gradazione dei toni sono indipendenti da quelle di analisi e perciò non costituiscono un fattore essenziale per la progettazione dei trasmettitori e dei ricevitori. La norma FCC per la gradazione (la relazione fra l'intensità luminosa all'entrata e la curva di livello della portante all'uscita del trasmettitore) è espressa in termini vaghi e, al momento attuale, di essa non è pretesa l'osservanza.

Sebbene lo stato delle norme relative alla gradazione tonale non sia soddisfacente, si può tuttavia affermare con certezza che i dati soggettivi sulla risoluzione, sullo sfarfallio e sulla gradazione, di cui oggi si dispone, costituiscono una solida base per la scelta delle norme per la televisione in bianco e nero.

Gli stessi dati sono anche utili per la scelta delle norme della televisione a colori; tuttavia essi, per taluni aspetti essenziali, sono insufficienti. Si sa che il livello di brillanza in corrispondenza del quale lo sfarfallio diventa percettibile è funzione del colore dell'immagine e che fra le gradazioni tonali delle immagini dei singoli colori fondamentali deve intercedere una relazione specifica. Ma, per quanto risulta a chi scrive, sulle tolleranze soggettive di questi effetti non sono state ancora eseguite prove definitive che possano trovare immediata applicazione nel progetto di un sistema di televisione a colori. Fino a poco

(1) La parola « piacevole » è qui usata nel suo senso psicometrico di « cosa che dà piacere in generale », senza alcun riferimento alla reazione emotiva prodotta dal contenuto del programma. Essa comprende le qualità di « convincente » e di « avente l'apparenza della realtà » ma non quella di « realistica » poichè questo ultimo concetto significa: caratterizzare gli oggetti « quali realmente sono ».

(2) BALDWIN M. W.: *The subjective sharpness of simulated television images.* « Proc. I.R.E. », XXVIII, ottobre 1950, pag. 548.

(3) RMA TELEVISION SYSTEMS COMMITTEE: *UHF Television Systems.* RMA Data Bureau Report 2146, Novembre 1946.

tempo fa la deficienza maggiore è stata quella di conoscenze particolareggiate sulla nitidezza soggettiva (risoluzione dell'immagine) richiesta in funzione del colore. Questo problema non è sembrato importante per lo sviluppo della fotografia a colori, cosicchè i dati relativi sono rimasti per anni nascosti negli atti dell'ottica fisiologica. Si hanno riferimenti all'acuità visiva per la luce colorata che risalgono al 1865, ma solo nel 1940 essi sono stati riscoperti dai tecnici della televisione. In quell'anno Alfred N. Goldsmith presentò una domanda [4] di brevetto per un sistema di televisione avente una bassa risoluzione nel colore fondamentale blu; nel 1945 questa proposta fu applicata da Bedford nel metodo di trasmissione detto « mixed-highs » [5].

Ci si è ora resi perfettamente conto della mancanza di informazioni adeguate sugli aspetti soggettivi della televisione a colori e ciò ha indotto i Bell Telephone Laboratories a intraprendere una estesa serie di prove, sulla prima delle quali, relativa alla nitidezza soggettiva di immagini televisive artificiali a colori, riferisce Baldwin [6]. Di altre prove è stata data comunicazione dalle Sezioni 2 e 11 del NTSC. Non è quindi lontano il tempo in cui le capacità dei sistemi di televisione a colori in competizione potranno essere giudicate in base ai fattori fondamentali per una riproduzione a colori piacevole. Nel frattempo i giudizi qui espressi devono essere considerati suscettibili di perfezionamento.

Qualunque debba essere il risultato finale di queste prove soggettive, un principio di progettazione dei sistemi può considerarsi ormai acquisito: l'immagine resa dalla televisione a colori, e nel suo insieme e nelle parti che la costituiscono, non dovrebbe presentare un eccesso di qualità per quanto riguarda la risoluzione e lo sfarfallìo. Tali eccessi, valutati con riferimento ad una norma appropriata di riproduzione piacevole, hanno tre conseguenze: fanno aumentare inutilmente il costo dei trasmettitori e dei ricevitori; fanno aumentare la gamma occupata nello spettro delle radiofrequenze; o, se l'estensione della gamma è prefissata, l'eccesso di una delle qualità (riduzione troppo spinta dello sfarfallìo) provoca deficienza dell'altra (bassa risoluzione). Questo criterio (riaffermazione della legge « non più che piacevole ») serve così a configurare il rapporto qualità-costo di un dato sistema. Oltre a ciò anche la gradazione tonale, la gamma di colore ricoperta e l'immunità dell'immagine da perturbazioni estranee, come quelle prodotte da transitori, interferenze e parassiti, devono soddisfare alla legge « piacevole, ma non più che piacevole ».

In ciò che segue viene fatto il confronto fra i due sistemi, sequenziale per trame e con sub-portante, prendendo per base i requisiti dianzi accennati.

Sviluppo del sistema sequenziale per trame.

Nel sistema sequenziale per trame, le trame (o campi) successivi vengono analizzate individualmente in *uno* dei colori fondamentali, nell'ordine: rosso, verde, blu, rosso, verde, blu, e così via. La velocità di analisi è così elevata che la sensazione prodotta da una trama persiste nella mente dell'osservatore durante l'analisi delle trame seguenti. Conseguentemente, l'immagine appare come se in essa i tre colori fondamentali fossero presenti contemporaneamente e le sensazioni si sommano producendo mescolanze dei colori fondamentali che riproducono i colori variegati della scena che si svolge dinanzi alla camera da presa.

Questo metodo di riproduzione del colore ha avuto una storia lunga nella cinematografia e nella televisione. In uno dei primi sistemi di cinematografia a colori, i fotogrammi della pellicola venivano esposti successivamente attraverso due filtri colorati (rosso-arancio e blu-verde) montati sopra una ruota girevole davanti all'obiettivo della camera da presa. La pellicola veniva poi proiettata attraverso una ruota a filtri identica, sincronizzata con la pellicola, in modo che la luce rosso-arancio risultasse proiettata attraverso il fotogramma impressionato con il filtro rosso-arancio e la stessa cosa avvenisse per l'altro colore. Nel corso di questi esperimenti si constatò chiaramente che per mantenere lo sfarfallìo entro limiti accettabili, nella riproduzione a colori occorreva proiettare nell'unità di tempo un numero di fotogrammi circa doppio di quello della riproduzione in bianco e nero. Il forte consumo di pellicola e la sollecitazione alla quale essa risultava sottoposta per effetto della rapida azione intermittente della camera da presa e del proiettore, costrinsero ad abbandonare il sistema. Si potè giungere a una produzione commerciale di pellicole a colori solo allorchè fu possibile includere in ciascun fotogramma tutti i colori fondamentali, prima con i metodi additivi Dufaycolor e Kodacolor, più tardi con i procedimenti sottrattivi Technicolor, Agfacolor e Kodacrome.

La prima prova dimostrativa di televisione a colori negli Stati Uniti [7] venne eseguita, dinanzi ai rappresentanti della stampa, dai Bell Telephone Laboratories nel mese di giugno del 1929. Gli apparecchi adoperati funzionavano secondo il principio dei colori simultanei. Il soggetto veniva analizzato con luce bianca, mediante un analizzatore meccanico del tipo « flying-spot », e la luce veniva captata da tre fotocellule provviste di filtri colorati (blu, rosso e verde). Venivano utilizzati tre distinti canali di trasmissione per far funzionare tre lampade a incandescenza, una per ciascun colore fondamentale. Le lampade venivano osservate infine attraverso un gioco di specchi che effettuava la sovrapposizione delle tre immagini monocromatiche. L'analisi avveniva con 50 righe per immagine e 17,7 immagini al secondo.

Le trasmissioni sperimentali circolari di televisione a colori cominciarono solo undici anni più tardi, allorchè P. C. Goldmark eseguì la sua prima dimostrazione per la stampa, il 4 settembre 1940, con gli impianti del Columbia Broadcasting System. Quelle prime immagini esercitarono una profonda impressione e suscitarono quello slancio iniziale da cui in larga misura è poi derivato il successivo sviluppo di quest'arte. Le immagini venivano analizzate con il sistema sequenziale per trame, con 340 righe per immagine e 120 trame al secondo, e trasmesse sul canale regolamentare, ampio 6 MHz, occupato allora dalla stazione W2XAX in bianco e nero del CBS.

Scritti successivi [8], [9] di Goldmark e dei suoi collaboratori rivelarono che il sistema a colori del CBS,

(4) Goldsmith A. N.: U.S. Patent 2 335 180 rilasciata il 23 nov. 1943.

(5) Bedford A. V.: *Mixed highs in color television.* « Proc. I.R.E. », XXXVIII, sett. 1950, pag. 1003.

(6) Baldwin M. W.: *Subjective sharpness of additive color pictures.* « Proc. I.R.E. », XXXIX, n. 10, ott. 1951, pag. 1173.

(7) Ives H. E. - Johnsrud A. L.: *Television in colors by a beam scanning method.* « Journ. Opt. Soc. Amer. », XX, genn. 1930, pag. 11.

(8) Goldmark P. C., Dyer J. N., Piore E. R., Hollywood J. M.: *Color Television. Part. I,* « Proc. I.R.E. », XXX, aprile 1942, pag. 162.

(9) Goldmark P. C., Piore E. R., Hollywood J. M., Chambers T. H., Reeves J. J.: « *Color Television. Part. II* », « Proc. I.R.E. », XXXI, sett. 1943, pag. 465.

anche nella sua forma primitiva, aveva raggiunto un alto grado di sviluppo per quanto si riferiva alle caratteristiche di ripresa della camera, ai filtri fondamentali del ricevitore, alla regolazione dell'equilibrio dei colori e della gradazione, fattori tutti che contribuivano alla eccellente resa cromatica del sistema. D'altro canto, però, la qualità delle immagini risentiva delle norme di analisi, scelte in modo da contenere il segnale nel canale di 6 MHz. La risoluzione a 343 righe venne considerata insoddisfacente e le 120 trame al secondo davano luogo a un grave sfarfallìo non appena la brillanza superava pochi « foot-lambert ». Nel 1941, i lavori sul sistema furono sospesi a causa della guerra.

Alla fine della guerra, nel 1945, i tecnici della televisione furono d'accordo nel ritenere che, per ottenere immagini a colori soddisfacenti, fosse necessario un canale più ampio di 6 MHz e che per questo solo fatto (cioè per la gamma di frequenze occupata) qualunque sistema a colori fosse destinato a risultare incompatibile con il sistema in bianco e nero impiegato commercialmente sin dal luglio 1941. Poichè il conflitto era considerato inevitabile, gli occhi di tutti si rivolsero alla gamma di frequenze elevatissime (onde decimetriche) assegnata alla televisione (allora da 480 a 980 MHz) come sede eventuale per il servizio a colori. Non vi era concordanza di vedute sul metodo di trasmissione preferibile, tuttavia quello sequenziale per trame appariva generalmente favorito. La maggioranza del RTPB Television Panel propendeva per l'adozione di un ritmo di 180 trame al secondo e di 525 righe per immagine, per ottenere sfarfallìo e risoluzione uguali a quelli del sistema in bianco e nero. Queste cifre implicavano una larghezza di canale dell'ordine di 15 MHz, requisito che da tutti gli interessati era riguardato con comprensibile diffidenza.

Alla inchiesta condotta dalla FCC, che ebbe inizio il 9 dicembre 1946, il Columbia Broadcasting System presentò istanza di immediata attuazione commerciale della televisione a colori, proponendo un compromesso inteso a permettere trasmissioni a colori su canali della larghezza di 12 MHz. Le norme di analisi suggerite erano di 525 righe per immagine e di 144 trame al secondo. Questi valori rispondevano all'opinione della maggioranza circa la risoluzione; il compromesso consisteva nella scelta di una frequenza di trama di 144 per secondo, da cui conseguiva che la luminosità dell'immagine, affinchè lo sfarfallìo risultasse tollerabile, dovesse essere limitato a circa 25 « foot-lambert », invece dei più che 100 « foot-lambert » del sistema in bianco e nero.

Della tesi della compatibilità si sentì parlare, per la prima volta, nel corso di questa inchiesta. Si sostenne che la richiesta di canali per la televisione avrebbe presto superato le disponibilità e che i canali destinati alle trasmissioni a colori avrebbero dovuto poter servire anche i ricevitori esistenti per il bianco e nero, se accordati su tali canali. Nel corso dell'inchiesta la Radio Corporation of America eseguì prove dimostrative di laboratorio con un sistema a colori simultaneo inteso a soddisfare questo requisito. Con questo sistema, che verrà descritto più particolareggiatamente nel seguito, tre segnali distinti, dedicati rispettivamente a ciascuno dei tre colori fondamentali, venivano trasmessi con tre distinte portanti. Le norme di analisi proposte erano identiche a quelle delle trasmissioni in bianco e nero, cosicchè i ricevitori esistenti, costruiti per queste ultime, potevano funzionare anche con le trasmissioni a colori se accordati per una delle tre portanti e precisamente per quella dell'immagine verde. Si riteneva possibile contenere le emissioni in canali di 12 MHz, riducendo la larghezza delle gamme riservate alle immagini blu e rossa (sistema di trasmissione detto « mixed-highs »).

Coloro che si opponevano alla domanda del CBS sostenevano non essere saggia cosa il decidere sul sistema da adottare prima di aver compiuto un'indagine sui pregi comparati del sistema sequenziale per trame e di quello simultaneo e prima di avere raccolto ulteriori dati sulla propagazione delle onde decimetriche (UHF), poichè allora si pensava che ambedue i sistemi avrebbero occupato canali di questa gamma. Nel marzo del 1947 la FCC respinse l'istanza del CBS.

Il successivo sviluppo del sistema sequenziale per trame risentì l'influsso dell'enorme favore incontrato dalle trasmissioni televisive presso il pubblico americano. Nel 1948 apparve chiaro che la richiesta di canali già soverchiava le disponibilità. Nel settembre di quell'anno la FCC aveva già rilasciato 107 permessi di costruzione o licenze di esercizio per stazioni di televisione ed aveva giacenti 310 altre domande. Era evidente che un numero così grande di stazioni non poteva trovare posto nella gamma delle onde metriche (VHF) tanto più in quanto numerose erano le notizie di interferenze eccessive fra trasmettitori funzionanti nello stesso canale od in canali adiacenti. Per questo la FCC decise di sospendere l'ulteriore estensione delle emissioni televisive, mentre erano in corso ulteriori studi sulle interferenze in relazione all'assegnazione dei canali.

La pressione per ottenere canali addizionali era così forte che il requisito di una larghezza di canale di 12 MHz per la televisione a colori, per quanto ritenuto essenziale per l'attuazione di un servizio soddisfacente, risultava del tutto inattuabile in pratica; e perciò nel 1949 la Commissione adottò il principio che i proponenti della televisione a colori dovessero adattarsi all'esigenza di restringere a 6 MHz la larghezza del canale occupato e chiese che le fossero forniti elementi per giudicare se nel prossimo futuro fosse possibile attuare un servizio di televisione a colori con canali di tale larghezza.

Nel frattempo, il 6 giugno 1949, dinanzi alla American Medical Association, ad Atlantic City, era stata eseguita una prova pratica a « circuito chiuso » (cioè con trasmissione per filo) col sistema sequenziale per trame CBS con norme di analisi adatte per un canale di 6 MHz. Questa prova, la prima eseguita dopo il 1940 con canali di tale larghezza, convinse la maggioranza degli spettatori che il sistema a colori sequenziale per trame era, per quanto si riferiva alla qualità di riproduzione, attuabile con canali di 6 MHz, purchè si adottassero certe precauzioni per ridurre al minimo gli effetti della limitata risoluzione. Pertanto, nel corso dell'inchiesta della FCC sulla televisione a colori, che ebbe inizio il 26 settembre 1949, il Columbia Broadcasting System propose di cominciare subito le trasmissioni commerciali, sulla base di immagini a 405 righe ed analisi sequenziale con 144 trame al secondo.

Va notato che queste norme erano più larghe di quelle del 1940, sia come numero di righe (405 invece di 343) sia come numero di trame al secondo (144 invece di 120). I motivi di tali cambiamenti furono due. Primo: i tecnici del CBS decisero di utilizzare un numero di righe maggiore, aumentando così la

risoluzione verticale a spese di quella orizzontale, in attesa che quest'ultima potesse essere migliorata con una nuova tecnica (il cosiddetto « crispening ») [10]. Secondo: era stato esaurientemente dimostrato che il numero di 144 trame per secondo era il minimo necessario per non avere sfarfallio.

Nel corso di questa inchiesta la questione della compatibilità venne in primo piano. La incompatibilità relativa alle attribuzioni delle frequenze fu eliminata stabilendo che le portanti delle trasmissioni sequenziali per trame a colori dovessero essere le stesse delle trasmissioni in bianco e nero; ma tra le norme di analisi sussistevano differenze sostanziali. Il numero di righe al secondo per il sistema sequenziale per trame a colori era di 29160 al secondo ($405 \times 144/2$) di fronte alle 15750 ($525 \times 60/2$) del bianco e nero. Il numero di trame al secondo era di 144 invece delle 60 del bianco e nero. Tutti i tentativi per ridurre queste ampie discrepanze fallirono; per quanto si riferiva alle norme di analisi, il sistema sequenziale per trame e quello in bianco e nero risultavano inevitabilmente incompatibili.

Il sistema simultaneo, portato all'attenzione della Commissione nel 1946-47, nella sua forma originale non appariva conveniente poichè le tre portanti non potevano essere costrette fianco a fianco nel canale di 6 MHz senza che andasse completamente perduta la compatibilità per quanto riguardava le frequenze occupate. Un'altra forma di sistema compatibile, simile per molti aspetti al primitivo, venne prodotto dalla RCA. Questo sistema (che sarà descritto nel seguito) impiegava una sola sub-portante di colore, modulata e demodulata in modo da ottenere i colori in forma di punti collocati su ciascuna riga. Per questo il sistema fu battezzato col nome di « sequenziale per punti ».

Dopo 62 giorni di deposizioni da parte di 53 testimoni, i cui verbali occuparono circa 10 000 pagine, il 10 ottobre 1950 la FCC dichiarò di interesse pubblico l'impiego commerciale del sistema a colori sequenziale per trame. Dopo un intervallo, durante il quale la Corte Suprema riesaminò e confermò la decisione della Commissione, l'ordinanza divenne esecutiva all'inizio del 1951 e le diffusioni pubbliche di televisione a colori, le prime della storia di quest'arte, furono inaugurate dal CBS, a New York, il 25 giugno 1951.

Capacità e limitazioni del sistema sequenziale per trame.

La forza principale del sistema sequenziale per trame, dal punto di vista tecnico, sta nel vasto campo di scelta che esso offre al progettista degli equipaggiamenti terminali (camere e riproduttori di immagini). La sua caratteristica saliente è che i colori fondamentali, essendo presentati in trame di analisi consecutive, si succedono l'uno all'altro con intervalli dell'ordine del centesimo di secondo (effettivamente di 1/144 di secondo). È questo un intervallo di tempo sufficiente per ottenere il cambio di colore con mezzi meccanici, mediante la rotazione di un disco (o di un cono, o di un tamburo) che porta i segmenti filtranti. Quando si adotta questo metodo meccanico, per riprodurre l'immagine basta una sola superficie fotosensibile nella macchina da presa ad una sola superficie luminescente nel tubo ricevente, o cinescopio. Da questa disposizione derivano diversi vantaggi, fra i quali quello dell'uniformità della gradazione di colore su tutta l'area dell'immagine e quello della immunità da « registrazione » difettosa dei colori fondamentali [11]. Ma il metodo meccanico presenta pure diversi svantaggi. Fra questi sono: la necessità di un perfetto bilanciamento dinamico, la necessità di impiegare una notevole potenza meccanica, la necessità di sincronizzare con precisione un disco o cono o tamburo rotante, di dimensioni sufficienti a coprire le immagini di grande formato richieste dal pubblico. Se questi ostacoli spaventano il progettista, si può in alternativa ricorrere ad una riproduzione dei colori puramente elettronica, adoperando un cinescopio tricolore.

Al progettista resta, comunque, una grande libertà di scelta, compresa quella di elaborare dispositivi di un'estrema semplicità (per esempio, quello di un ricevitore sincronizzato per collegamento alla rete di distribuzione di energia, con comando manuale della fase del colore) che non trova confronti, così ora sembra, in nessuno degli altri sistemi di televisione a colori finora proposti.

Solo il tempo potrà dire se questi ricevitori semplici incontreranno il favore del pubblico, benchè le immagini da essi fornite siano di dimensioni limitate. Se questo non avverrà, il vantaggio della semplicità sarà a questo riguardo da considerarsi illusorio; ma, in tale ipotesi, permane sempre quello della semplicità della camera da presa e, con esso, quelli dell'uniforme equilibrio dei colori e della esatta loro registrazione.

Si è riscontrato che le limitazioni del sistema sequenziale per trame derivano da due caratteristiche dell'occhio umano: la sua avversione per le eccessive discontinuità di luce e quella per le discontinuità eccessive nel movimento. Se l'occhio fosse generosamente tollerante verso tali discontinuità, per il sistema sequenziale per trame si potrebbero adottare le stesse norme in uso per il bianco e nero [12]. Quindi la difficoltà della compatibilità svanirebbe e nei due sistemi la risoluzione e lo sfarfallio risulterebbero, in prima approssimazione, equivalenti.

Ma la visione umana è di natura diversa. L'occhio si ribella quando gli vengono presentati lampi di luce con un ritmo minore di circa 40 al secondo, a meno che l'immagine sia così fioca da affaticare l'occhio che la osservi continuamente. Questo limite di sfarfallio corrisponde, come viene spiegato più avanti, alla frequenza di 120 trame al secondo delle prime prove col sistema sequenziale per trame. La qualità marginale nei riguardi dello sfarfallio, apparsa evidente in quelle prove, obbligò all'aumento delle trame per secondo da 120 a 144.

L'occhio si ribella anche alle discontinuità eccessive del moto apparente dell'immagine, che sono però ordinariamente tollerate se lo sfarfallio è contenuto entro certi limiti. Ma la tolleranza si riduce notevolmente se la discontinuità di posizione è associata a un cambiamento di colore. Nelle immagini del sistema sequenziale le frangie di colore che accompagnano i moti rapidi dell'immagine e lo sdoppiamento di colore che accompagna i moti casuali dell'occhio appaiono chiaramente evidenti. Risulta provato che in parecchi individui la sensibilità per questi ultimi effetti decresce quando la loro azione dura a lungo, cosicchè è forse più corretto subordinare questa limitazione a quella derivante dall'elevata rapidità di analisi delle trame.

Poichè quest'ultima considerazione ha un'importanza fondamentale, vale la pena di esaminarla più particolareggiatamente. Nei riguardi dello sfarfallio del sistema sequenziale per trame occorrerebbe distinguere tre condizioni. La prima si verifica quando una vasta parte dell'area dell'immagine è ricoperta da un colore verde, simile a quello del filtro verde usato nella camera da presa. Per ciò che riguarda questa parte dell'immagine, solo una delle tre trame successive è attiva (quella che nel ricevitore produce luce verde; le trame blu e rossa contribuiscono con una quantità di luce minima). Il ritmo di ripetizione dell'immagine è quindi un terzo di 144 al secondo, ossia 48 al secondo, e lo sfarfallio è particolarmente avvertibile. Si presenta una condizione analoga quando in una porzione considerevole dell'immagine si ha solo luce rossa o luce blu; ma poichè di solito queste luci sono meno brillanti della verde, lo sfarfallio è meno appariscente.

Il secondo caso si ha quando una porzione considerevole dell'immagine è occupata da luce bianca. In questo caso tutte le trame fondamentali sono attive ma le loro brillanze stanno tra loro, approssimativamente, nei rapporti rosso : blu : verde = 33 : 14 : 69 (secondo le norme FCC). Poichè la brillanza del verde è circa 5 volte quella del blu e circa 2 volte quella del rosso, si verifica lo stesso effetto generale del primo caso; ma siccome vi è minore disparità fra le trame, la soglia effettiva di sfarfallio corrisponde ad una brillanza maggiore. Nei riguardi dello sfarfallio questo secondo caso è dunque meno critico del primo.

Nel terzo caso le trame successive hanno tutte la stessa brillanza (in un ricevitore lineare ciò vuol dire che le tensioni dei segnali corrispondenti ai tre colori fondamentali stanno fra loro nei rapporti approssimativi rosso : blu : verde = 6 : 14 : 3). Il colore predominante è quindi blu. In questo caso, poichè non si ha variazione di brillanza da trama a trama, il ritmo che determina lo sfarfallio è quello delle trame, di 144 al secondo, valore assai più grande del minimo occorrente perchè lo sfarfallio non sia percepibile. In effetti, per tali trame di uguale luminosità, il ritmo determinante per lo sfarfallio è di 144 — 48 = 96 volte per secondo più grande di quello del primo caso (verde saturato).

Ciò rappresenta un miglioramento enorme, equivalente, in base alla legge Ferry-Porter, ad un aumento di $10^{96/12,6} = 3 \times 10^7$ volte della brillanza corrispondente alla soglia di sfarfallio [13]. In realtà la legge di Ferry-Porter non vale entro tali limiti estremi: ma sta di fatto che la tinta blu predominante del terzo caso, se il numero di trame è di 144 al secondo, può essere, a pari immunità da sfarfallio, migliaia di volte più luminosa del verde saturato del primo caso.

Si vede dunque che se la frequenza delle trame è scelta in modo da avere una riproduzione « piacevole », nei riguardi dello sfarfallio, per la luce bianca, la riproduzione è « meno che piacevole » per i verdi saturati di uguale brillanza e assai « più che piacevole » per il blu ottenuto con trame di uguale brillanza. Questa violazione della legge « piacevole ma non più che piacevole » deriva dalla natura stessa del metodo di analisi sequenziale per trame.

Il risultato finale è che nel sistema sequenziale per trame la frequenza di queste non può essere minore di 144 al secondo, nonostante che valori più bassi siano sufficienti per diverse combinazioni di colori, delle quali quella considerata dianzi nel caso 3 è l'esempio più rimarchevole.

L'eccesso di qualità nei riguardi dello sfarfallio, che si rende necessario in certe occasioni, deve essere compensato da un difetto di qualità nei riguardi della risoluzione. Sfortunatamente quest'ultimo difetto ricorre in tutte le occasioni e in tutte le trame, mentre l'eccesso di qualità nei riguardi dello sfarfallio ricorre solo per certe combinazioni di colori. Il difetto di risoluzione si può esprimere facilmente come funzione del rapporto tra le frequenze di trama del sistema a colori sequenziale per trame e del sistema in bianco e nero, che è 144/60 = 2,4. Per una data larghezza della banda video e a parità di valore percentuale dei tempi di ritorno, la risoluzione dell'immagine a colori è il 1/2,4 = 41,6 per cento di quella della immagine in bianco e nero, misurata mediante il numero totale degli elementi risolvibili in una intera immagine. Con riferimento alle norme specifiche di analisi, le risoluzioni verticali dei due sistemi stanno fra di loro in un rapporto uguale a quello dei rispettivi numeri di righe per immagine, cioè 405/525, pari al 77,2 per cento; le risoluzioni orizzontali stanno fra loro nel rapporto $525/405 \times 1/2,4$, pari al 54 per cento (circa 325 righe per il bianco e nero, 175 righe per il sistema a colori sequenziale per trame).

La deficienza di risoluzione può essere migliorata per effetto della presenza di un contrasto di colore nell'immagine colorata e mediante l'impiego di tecniche dirette a questo scopo come il « crispening ». Tali procedimenti sono, naturalmente, efficaci per tutti i sistemi a colori; ma riescono particolarmente utili quando la risoluzione intrinseca del sistema è bassa. In un sistema che già possiede una elevata risoluzione, il miglioramento da essi introdotto suscita impressione soggettiva minore poichè meno necessario.

L'effetto di una risoluzione limitata sulla qualità del servizio di televisione a colori può essere descritto in vari modi [14]. Probabilmente il confronto più utile, dal punto di vista delle modalità pratiche di esercizio, è quello fatto in base agli angoli solidi sotto cui l'oggetto è visto dalla camera da presa. Se un dato angolo basta per ritrarre un dato oggetto quando la risoluzione del sistema è del 100 per cento, riducendo la risoluzione, come avviene passando dal sistema in bianco e nero a quello a colori sequenziale per trame, occorre ridurre l'angolo nella stessa proporzione, se si vuole che l'osservazione dello stesso oggetto produca lo stesso grado di soddisfazione. Tale riduzione dell'angolo si compie o avvicinando la camera all'oggetto o adoperando un obbiettivo di maggiore lunghezza focale.

In altre parole, con un sistema a risoluzione limitata si deve ricorrere in misura molto maggiore alle

(10) GOLDMARK P. C.-HOLLYWOOD J. M.: *A new technique for improving the sharpness of television pictures.* « Proc. I.R.E. », XXIX, ott. 1951, pag. 1314.

(11) Si può tuttavia avere una registrazione difettosa causata dal ronzio di rete e da campi di dispersione, poichè la frequenza delle trame non è multipla intera di quella della rete di alimentazione.

(12) A parità di tolleranza per lo sfarfallio, si sarebbe tuttavia dovuto scegliere per il bianco e nero un numero minore di trame nell'unità di tempo. In tal caso la tolleranza per lo sfarfallio non avrebbe però presumibilmente avuto l'estensione sufficiente per consentire il funzionamento del sistema sequenziale per trame a colori con lo stesso numero di trame al secondo del bianco e nero.

(13) Ad una differenza di 12,6 periodi al secondo della frequenza di sfarfallio è associata una variazione di 10 volte della brillanza corrispondente alla soglia di sfarfallio.

(14) Una descrizione completa si trova nel « Condon Committee Report », *The present status of color television*, a cura dell'Advisory Committee of Color Television, ristampato nel « Proc. I.R.E. », XXXVIII, sett. 1950, pag. 980. Vedi cap. 2, parte VII, pagine 982-983.

riprese in primo piano, cosa che impone restrizioni all'operatore addetto alla camera, al direttore tecnico ed al produttore del programma. Ne segue, infatti, una riduzione del numero di oggetti e di eventi che si possono far vedere contemporaneamente assieme nell'immagine, d'onde anche la necessità di passare spesso da una camera all'altra per stabilire le affinità fra tali oggetti ed eventi. Questa restrizione appare evidente se si fa il confronto fra le tecniche di ripresa correntemente impiegate nei due sistemi.

Poche obbiezioni possono essere fatte sulla gamma di colore, sulla gradazione tonale e sull'immunità dai disturbi del sistema sequenziale per trame. La gamma di colore è un po' ridotta in conseguenza dell'uso dei cosidetti colori fondamentali a « basso sfarfallìo »; ma questa non è una seria limitazione. I giudizi sia dei tecnici sia dei profani sulla resa cromatica del sistema sono quasi universalmente favorevoli.

Un vantaggio importante del sistema sequenziale per trame è quello di impiegare una sola portante. In un sistema con due portanti (il sistema con sub-portante di colore) si hanno maggiori occasioni di interferenze che producono figure di battimento visibili (cioè a bassa frequenza). Inoltre, in un sistema con due portanti, gli effetti selettivi dovuti a interferenze fra due onde, quando si hanno percorsi multipli, possono rivelarsi fastidiosi. Infine, i disturbi dovuti a fenomeni transitori agiscono in maniera uguale su tutte le parti (trame successive) dell'immagine sequenziale per trame (sebbene i transienti risultino più visibili che nel bianco e nero a causa della maggiore velocità di analisi delle righe). In un sistema a presentazione simultanea dei colori, come quello con sub-portante, esiste la possibilità che tali transienti influiscano su una parte dell'immagine (componente di brillanza, come definita nel seguito) in maniera differente che sulle altre (componenti di tinta e di saturazione).

Riassumendo, il sistema sequenziale per trame presenta il vantaggio di richiedere apparati terminali semplici (con immagini di formato limitato), senza circoscrivere peraltro a questi soltanto la libertà di realizzazione del progettista. Esso conduce a risultati eccellenti per quanto riguarda la gradazione tonale e la gamma cromatica; sopporta gli effetti dei parassiti, dei percorsi multipli, delle interferenze di altri portanti e dei transitori quasi nella stessa misura del bianco e nero. Di fronte a questi punti di forza sta la difficoltà che il sistema incontra nel collaborare con l'occhio umano in materia di sfarfallìo. Per evitare lo sfarfallìo in certe condizioni, si deve adottare una frequenza elevata di successione delle trame; frequenza che in altre condizioni è superflua e rappresenta perciò un eccesso di qualità. Il prezzo pagato per questo eccesso è una riduzione della risoluzione geometrica a circa il 42 per cento di quella del sistema in bianco e nero.

Sviluppo del sistema con sub-portante di colore.

L'altro sistema di televisione a colori, il sistema con sub-portante di colore [15], è il culmine di uno sforzo durato per cinque e più anni, per trovare un sistema compatibile. Esso ha le sue radici nelle dimostrazioni sperimentali con un sistema a 50 righe, eseguite dai Bell System Laboratories, di cui è già stato fatto cenno. In questo sistema primitivo venivano trasmessi tre segnali video, identici in linea di principio, ciascuno dei quali portava « l'informazione » contenuta nella immagine del corrispondente colore fondamentale. La larghezza della gamma di frequenza impegnata era tripla di quella richiesta per una immagine in bianco e nero equivalente.

La caratteristica distintiva degli apparati terminali, che lega questo sistema agli altri successivi dello stesso tipo, è l'uso di tre distinti dispositivi fotosensibili e di tre distinti dispositivi riproduttori di immagine, tutti funzionanti simultaneamente. In questo senso, il sistema del 1929 ha servito da prototipo rudimentale per il « sistema a colori simultaneo ».

La seconda prova dimostrativa del sistema a colori simultaneo venne eseguita dalla RCA dinanzi alla FCC, nel corso della inchiesta sulla televisione a colori del 1946-47, come è stato detto nel paragrafo precedente. Il sistema differiva da quello del 1929 nel grado di perfezione, non nel principio fondamentale. Venivano usate norme di analisi moderne (525 linee e 60 trame al secondo) ed i segnali erano trasmessi in forma di portanti a radiofrequenza modulate, anzichè come segnali video su fili. Si adoperavano però tre dispositivi fotosensibili (vale a dire tre tubi moltiplicatori, in un analizzatore del tipo « flying spot ») e tre cinescopi, funzionanti tutti simultaneamente.

Il sistema era concepito per essere compatibile con quello in bianco e nero per quanto si riferiva alle norme di analisi. Come si è già osservato, il segnale modulato corrispondente all'immagine fondamentale verde doveva servire a due scopi: far funzionare i ricevitori in bianco e nero, provvisti di un convertitore di frequenza per renderli atti a captare onde decimetriche; e fornire una delle componenti per la ricezione a colori. Si proponeva, pertanto, di adoperare la portante verde come portante primaria della trasmissione e di emettere i segnali rosso e blu come sub-portanti, sovraimposte alla primaria mediante sub-modulatori e filtri d'onda appropriati.

Al sistema simultaneo vennero mosse diverse obbiezioni. Il problema della « registrazione » delle tre immagini separate a colori nel trasmettitore e nel ricevitore, lo spreco di frequenze nelle gamme di guardia fra i tre gruppi di gamme laterali, la possibilità di attenuazioni selettive e di spostamenti di fase fra le portanti e le loro gamme laterali, venivano addotti come motivi di deficienza. Si riconoscevano peraltro anche i vantaggi del sistema. Poichè le tre immagini primarie agivano all'unisono, il problema dello sfarfallìo non era più serio di quanto non fosse per il sistema in bianco e nero, che sotto questo rispetto si era dimostrato largamente soddisfacente. Erano state eseguite alcune misure sulla compatibilità; ma, prima delle prove compiute innanzi alla FCC, il sistema non era ancora stato provato in esercizio e non si disponeva di misure accurate sui suoi pregi e sui suoi lati deboli.

Se si esaminano ora le cose a distanza, sembra che con questo secondo sistema simultaneo (« 1946 ») sia stato compiuto un importante passo in avanti, ma non ne sia stato compiuto un altro non meno

[15] La forma di sistema con sub-portante di colore qui descritta è quella raccomandata nell'aprile del 1951 dallo Ad Hoc Committee of the National Television System Committee. Per un resoconto relativo a tale Comitato e al suo lavoro, si veda l'articolo *Plans for compatible color television*, in « Electronics », XXIV, agosto 1951, pag. 90.

importante. Il progresso conseguito consisteva nella proposta di trasmettere col metodo detto « mixed-highs », che riconosceva non essere necessario avere la stessa risoluzione nelle tre immagini primarie. Vennero eseguite prove per mostrare che in un'immagine a colori costituita dai tre colori fondamentali rosso, blu e verde era necessario avere la risoluzione più alta nell'immagine verde, una risoluzione un po' minore in quella rossa, ed una risoluzione notevolmente minore in quella blu [16].

Questo fatto, riconosciuto da anni dai cultori di oculistica fisica e reso noto nel 1911 da un tecnico dell'illuminazione, rivelò agli specialisti di televisione che in un sistema a colori utilizzante una gamma di larghezza tale da ottenere risoluzione uguale in tutte le tre immagini fondamentali si sprecavano frequenze. Il sistema simultaneo 1946, pur essendo prodigo di frequenze nelle gamme di guardia da esso richieste, era parzialmente riabilitato dalla proposta di ridurre la risoluzione dell'immagine blu a circa un terzo di quella delle immagini verde e rossa con conseguente risparmio nello spettro occupato dalle gamme laterali della prima delle tre.

L'evidente deficienza del sistema consisteva nel fatto di avere *due* sub-portanti, con le relative gamme laterali, che occupavano regioni dello spettro diverse da quelle occupate dalla portante primaria. Si ammette ora invece la necessità di una sola sub-portante; poichè essa, modulata e demodulata in sincronismo, è capace di portare due segnali colorati in quadratura o tre in trifase. Si è riconosciuto inoltre che la portante primaria e la sub-portante possono occupare la « stessa » regione dello spettro se le loro frequenze sono scelte in modo che le relative gamme laterali risultino intercalate: il che avviene quando la frequenza della sub-portante è multiplo dispari della metà frequenza di analisi delle righe.

Questi concetti, il secondo in particolare, sono considerati da molti come relativamente nuovi per la tecnica televisiva. In realtà nessuno dei due è nuovo e ambedue erano noti quando nel 1946 venne progettato il sistema simultaneo. Chi scrive ben ricorda la sorpresa e il rammarico con cui nel 1950 venne risuscitato un vecchio brevetto scaduto nel 1946, che proteggeva un'invenzione di Frank Gray [17], uno dei grandi misconosciuti pionieri della televisione, che non solo dimostrava l'attuabilità dell'intercalamento di frequenza delle componenti delle gamme laterali, ma ne considerava anche effettivamente l'impiego in un sistema di televisione a colori. La mancanza di relazioni fra generazioni successive di ingegneri è tale che di questo brevetto nessuno sembra si sia ricordato.

Il sistema a colori simultaneo fece la sua terza apparizione durante l'inchiesta della FCC sulla televisione a colori nel 1949-50, allorchè la RCA eseguì prove dimostrative col sistema sequenziale per punti. Questo sistema impiegava una sola sub-portante, modulata in forma trifase da tre grandezze di colore e demodulata poi in sincronismo per riottenere le stesse grandezze con una minima interazione reciproca. Le gamme laterali della sub-portante di colore occupavano la stessa regione dello spettro occupata dalle gamme laterali della portante primaria; ma la tecnica dell'intercalamento (giudicata secondo i criteri di oggi) non era abbastanza sviluppata e si aveva un'interferenza eccessivamente pronunciata tra portante e sub-portante.

Nell'immagine questa interferenza si manifestava sotto la forma di una struttura a punti e le immagini primarie potevano essere considerate come composte di una collezione di siffatti punti intercalati su ciascuna riga. Veniva naturale il pensare i punti disposti in sequenza, cosicchè per analogia coi sistemi sequenziali per trame o per righe, allora in esame dinanzi alla Commissione, questo sistema prese il nome di « sistema sequenziale per punti ».

Una grande confusione regnò, per parecchi mesi, sulla terminologia appropriata per questo sistema. Dal punto di vista degli apparati terminali esso era chiaramente simultaneo, poichè vi si impiegavano tre camere da presa e tre cinescopi, una coppia per ciascuno dei colori fondamentali, che funzionavano simultaneamente. Dal punto di vista, invece, del metodo di trasmissione, il sistema appariva di tipo sequenziale, poichè i segnali uscenti dalle camere venivano ordinati in sequenza per campioni (*sampled*), i cinescopi venivano attivati con sequenza identica e la sequenza avveniva al ritmo di tre « campioni » (*samples*) per ogni ciclo della sub-portante di colore ($3 \times 3{,}58$ MHz $= 10{,}74$ milioni di « campioni » al secondo). Oggi appare evidente che la tecnica della « campionatura » (*sampling*) era un fatto casuale, non connesso al principio base del sistema. Si potrebbe infatti dimostrare che modificando il ricevitore (filtrando i segnali di colore prima di applicarli ai cinescopi) i cinescopi potrebbero effettivamente funzionare in maniera simultanea.

Per lo sviluppo pieno di una nuova tecnica, mediante derivazione di un segnale monocromatico (brillanza) dai capi della apparecchiatura della subportante di colore, occorreva mostrare che il sistema con sub-portante era veramente simultaneo.

Quando nel 1949 venne eseguita la prima dimostrazione col sistema sequenziale per punti nella sua forma iniziale per « campioni », la struttura puntiforme dell'immagine diede alla maggioranza degli osservatori l'impressione di costituire uno svantaggio essenziale e la suscettibilità del sistema alle interferenze suscitò preoccupazioni. In linea di principio il sistema era tuttavia attraente: perchè compatibile; perchè non presentava difficoltà nei riguardi dello sfarfallìo; perchè era capace di dare una elevata risoluzione; e perchè efficiente nello sfruttamento dello spettro delle radiofrequenze. Per questo numerosi ed esperti tecnici furono indotti a lavorare attorno a questo sistema anche dopo che esso era stato respinto dalla FCC nell'ottobre del 1950. È troppo presto per citare dei nomi senza incorrere nel pericolo di commettere ingiuste omissioni; ma indubbiamente quelli di Loughlin e Bailey della Hazeltine Corporation, di Bradley e Bingley della Philco Corporation e di Dome e Samulon della General Electric Company saranno aggiunti a quelli di Kell, Brown e dei loro collaboratori della RCA, quando si scriverà la storia di questa fase dello sviluppo della televisione.

Dopo la decisione della FCC si sono avute tre dimostrazioni degne di nota di progressi differenti nel sistema a colori con sub-portante. Il 5 dicembre 1950 la RCA eseguì dinanzi ai rappresentanti della stampa una prova con una forma riveduta del sistema, rico-

[16] Una prova quantitativa di questo fatto è data nell'articolo di Baldwin M. W., già citato nella nota [6].

[17] U. S. Patent 1 769 920, Gray F., domanda presentata il 30 aprile 1929; concessione del brevetto avvenuta l'8 luglio 1930.

noscendo il contributo arrecato dalla Hazeltine Corporation. In questa prova si usò la tecnica della derivazione di un segnale monocromatico, e risultò evidente una notevole riduzione della struttura puntiforme delle immagini, sia a colori sia in bianco e nero. Nel febbraio 1951 la Philco Corporation eseguì dinanzi al NTSC Ad Hoc Committee una prova con un sistema con sub-portante che impiegava un segnale di luminosità a larga gamma e due segnali differenziali di colore che modulavano la sub-portante in quadratura. Finalmente, nell'agosto del 1951, la General Electric, la Hazeltine, la RCA e la Philco eseguirono prove con sistemi con sub-portante, che illustravano l'effetto del valore della frequenza della sub-portante di colore, con il sistema a brillanza costante (mostrato per la prima volta dalla Hazeltine nell'aprile del 1950) e con il perfezionamento più recente, cioè con la «sequenza oscillante di colore».

L'ultimo stadio di sviluppo del sistema con subportante, che ricopre il periodo 1950-51, è consistito nel suo perfezionamento sotto l'aspetto colorimetrico. Precedentemente le considerazioni colorimetriche erano state molto semplici, riducendosi alla scelta di tre colori fondamentali nel ricevitore ed a quella di tre corrispondenti caratteristiche di presa per le camere. Un maggiore affinamento era stato impedito dalla preoccupazione di sciupare frequenze; ma, acquistata una buona padronanza dell'economia dello spettro, il passo successivo consistette in uno sforzo concertato per raggiungere un alto grado di cooperazione fra il sistema con sub-portante e l'occhio umano mediante l'applicazione dei princìpi della colorimetria.

Le tre grandezze cromatiche fondamentali sono la «brillanza», la «tinta» (*hue*), e la «saturazione» (difetto di diluizione della tinta con la luce bianca). In un sistema di televisione in bianco e nero di solito interessa solo la prima di queste grandezze: la brillanza. Un segnale di televisione a colori, per risultare ottimo per un ricevitore in bianco e nero, deve dare una riproduzione della brillanza immune da inammissibili disturbi da parte delle componenti di tinta e di saturazione dell'immagine a colori.

Due erano, quindi, le forze cospiranti a richiedere una rivalutazione colorimetrica del sistema: una scientifica, e cioè lo sforzo di fondare il sistema sulle proprietà dell'occhio; ed una economica, e cioè lo sforzo di attuare un sistema compatibile in alto grado.

Da questo studio hanno avuto origine tre progressi essenziali nel sistema con sub-portante di colore. Il primo consistette nell'acquisita convinzione che il segnale televisivo a colori dovesse essere trasmesso diviso in due componenti: una portante primaria con le relative gamme laterali, per la trasmissione della brillanza; ed una sub-portante con le relative gamme laterali, per la trasmissione della tinta + saturazione (colore — meno — brillanza).

Il secondo passo, compiuto assieme al primo, consistette nel proporzionare i vettori di modulazione della sub-portante in modo tale che le interferenze sulla sub-portante stessa dovute a sorgenti esterne causassero disturbi minimi alla brillanza dell'immagine. Questo ultimo intento fu raggiunto costringendo la sub-portante ad avvicinarsi a zero per i colori prossimi al bianco.

Il terzo passo consistette nella scoperta che i segnali ottenuti dalla camera, in relazione a certe sue semplici caratteristiche di presa, potevano, mediante certi calcolatori elettronici, conosciuti sotto il nome di unità «matrici», essere trasformati in altri segnali corrispondenti da una parte alla brillanza e dall'altra al «colore — meno — brillanza».

Quando questi due segnali vengono sommati, essi producono il colore. Quando è presente solo il segnale di brillanza (come avviene durante l'analisi di oggetti bianchi o grigi) la sub-portante di colore è inattiva e non può produrre la struttura puntiforme od altri effetti deleteri di disturbo della portante primaria. In definitiva, l'isolamento della trasmissione della brillanza e della trasmissione della tinta+saturazione, non migliorava soltanto la resa del colore, ma migliorava anche in larga misura la struttura dell'immagine, sia di quella in colore, sia di quella in bianco e nero.

A questi metodi perfezionati di analisi e di sintesi del colore furono aggiunti procedimenti pure perfezionati di sovrapposizione della portante e della subportante nella stessa regione dello spettro. Appartenevano a tali perfezionamenti: la modulazione della sub-portante con gamma laterale inferiore parzialmente soppressa (*vestigial*); il miglioramento del filtraggio ottenuto mediante l'uso di modulatori bilanciati in luogo di operazioni critiche di filtraggio nel trasmettitore; l'alternazione della sequenza dei vettori modulanti di colore nelle trame successive per ridurre al minimo gli effetti della distorsione di fase e dei transienti generati nella modulazione con soppressione parziale di una gamma laterale.

Il risultato definitivo di questi accorgimenti è che un segnale di brillanza avente una larghezza di gamma uguale a quella del sistema in bianco e nero (4 MHz) ed avente quindi anche uguale risoluzione, viene combinato, nella stessa regione dello spettro, con un segnale colore — meno — brillanza (tinta + saturazione) che occupa una gamma larga 2 MHz circa. Quest'ultimo segnale non produce contrasto di brillanza e, poichè il difetto di risoluzione è meno percettibile se manca tale contrasto, la risoluzione dell'immagine è sostanzialmente trasmessa mediante la componente di brillanza. Il risultato complessivo così ottenuto è assai prossimo a quello che si otterrebbe con un sistema simultaneo utilizzante canali separati di 4 MHz per ciascun colore fondamentale, e cioè 12 MHz complessivi. Il fatto che oggi sia possibile trasmettere con un canale di 4 MHz un'immagine per la quale 5 anni fa sarebbero occorsi 12 MHz, è, nell'opinione di chi scrive, la più sorprendente conquista in fatto di economia dello spettro compiuta nella storia delle comunicazioni elettriche.

Dal novembre del 1950, il lavoro sul sistema con sub-portante è stato coordinato dal National Television System Committee. Al momento in cui è stato scritto il presente articolo, i gruppi del NTSC avevano raggiunto un accordo sulle specificazioni tecniche particolareggiate per compiere prove pratiche di esercizio durante gli ultimi mesi del 1951.

Un rendiconto dello sviluppo del sistema con sub-portante di colore sarebbe incompleto se non si accennasse al tubo di immagine tricolore («color kinescope»). Questo tubo può essere adoperato anche nel sistema sequenziale per trame e non costituisce quindi un elemento distintivo essenziale dei due sistemi. Ma è giusto mettere in rilievo che, senza questo tubo, il sistema con sub-portante di colore presenterebbe un gravissimo svantaggio, poichè è stato ammesso che i ricevitori a specchio dicroico, adoperati nelle prime prove dimostrative del sistema, non sono pratici per uso domestico.

L'unica forma di tubo tricolore con la quale sono state eseguite sinora prove dimostrative pubbliche è quella a «maschera e punto» inventata da Alfredo N. Goldsmith e attuata e sviluppata nei RCA Laboratories. Come *tour de force* di ottica elettronica, questo tubo è secondo solo all'*image-orthicon*. La sua concezione e la sua costruzione sono il frutto di una straordinaria combinazione dei talenti dell'ottico elettronico, del chimico dei fosfori, del tecnico fotografico, del fotoincisore, dello stampatore e dell'ingegnere meccanico, per tacere di quello dell'addetto alla produzione, incaricato del montaggio e del trattamento del tubo.

Poichè il tubo è diffusamente descritto in altri articoli, basta darne qui una descrizione sommaria. Lo schermo di visione del tubo è una piastra di vetro sulla quale sono stampati qualcosa come 600 000 punti di fosforo distinti, simili ai punti dei mezzi toni della stampa a colori, 200 000 dei quali diventano fluorescenti per ciascun colore fondamentale. I punti di fosforo sono disposti a gruppi di tre, e ogni gruppo costituisce un elemento d'immagine. Vengono adoperati tre fucili elettronici (è stato allestito anche un tubo con un solo fucile, ma sinora non pare che esso prometta quanto quello a tre fucili) disposti in modo che ciascuno possa eccitare punti di fosforo dello stesso colore. Facendo funzionare simultaneamente i tre fucili, si creano tre immagini nei tre colori fondamentali sullo schermo di visione. La struttura puntiforme è così fine da non poter essere distinta a distanza normale di osservazione e le tre immagini si fondono assieme ricreando l'immagine a colori completi.

Si costringono i tre fasci elettronici a cadere soltanto sui punti di fosforo del colore a ciascuno di essi associato, facendoli passare attraverso i fori di una maschera metallica parallela allo schermo alla distanza di circa mezzo pollice. Il fatto che nella maschera metallica debbano essere praticati 200 000 fori, ciascuno allineato accuratamente con uno dei 200 000 gruppi di punti di fosforo costituisce un problema molto serio per il costruttore del tubo, tanto che lo scrivente ebbe una volta a dichiarare sotto giuramento alla FCC (prima che del tubo venisse data una prova dimostrativa) di non credere la cosa attuabile. Anche egli peccò, a questo riguardo, di eccessivo conservatorismo; usando la tecnica della fotoincisione e della stampa a colori, l'allineamento è ottenuto mediante procedimenti di lavorazione in serie. Benchè il processo di allineamento richieda molta cura, il problema di fondo che esso propone non è più complesso di quello che si incontra nella stampa a colori che ogni settimana produce milioni di immagini ciascuna costituita da milioni di punti di colore allineati.

Sembra pertanto che il tubo tricolore si piegherà senza eccessiva resistenza alla tecnica della produzione in serie e che sarà impiegato, in una forma od in un'altra, in tutti i sistemi di televisione a colori, compresa quella che finirà con conquistare il favore definitivo del pubblico.

Capacità e limitazioni del sistema a colori con subcarrier.

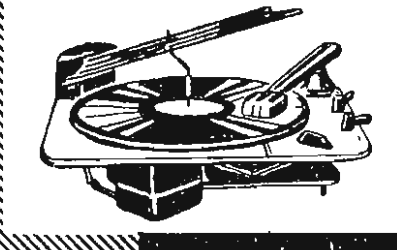
Mentre si attende ancora l'esito delle prove pratiche di esercizio del sistema a colori NTSC, non si può esprimere su di esso un giudizio definitivo; pur tuttavia è possibile tracciare un sommario abbozzo preliminare dei suoi punti forti e dei suoi punti deboli. I punti forti sono la compatibilità e la qualità del servizio. Il sistema è completamente compatibile; la struttura puntiforme dell'immagine in bianco e nero ottenuta dal segnale a colori è stata ridotta ad un residuo così poco visibile da non avere importanza pratica alcuna, se si usa la modulazione a luminanza costante e la sequenza oscillante di colore.

La qualità dell'immagine a colori è elevata; la risoluzione e lo sfarfallio sono uguali a quelli del sistema in bianco e nero. Nelle ultime prove dimostrative la gamma e l'equilibrio dei colori e la gradazione sono apparsi del tutto uguali a quelle raggiunte in prove simili col sistema sequenziale per trame. Il sistema si dimostra molto resistente agli effetti di disturbi impulsivi ed alla interferenza di altre portanti. Per quanto riguarda la portante primaria, ivi compresa la sincronizzazione per l'analisi e per la fase del colore, il sistema NTSC non richiede una protezione maggiore di quello in bianco e nero. Per quanto riguarda la sub-portante, l'effetto di portanti interferenti di frequenza poco diversa è stato ridotto in misura considerevole mediante il metodo di modulazione a luminanza costante. Le prove pratiche di esercizio dovranno dire se è necessaria qualche speciale protezione contro altri effetti di interferenza sulla sub-portante. Si ha fiducia che tali prove dimostrino che la qualità del servizio può essere mantenuta nelle stesse condizioni di interferenza ammissibili attualmente per il sistema in bianco e nero.

La riserva principale da farsi in ordine all'esito di queste prove riguarda le gravi condizioni che si hanno per la propagazione lungo percorsi diversi. Poichè la sub-portante di colore è, in parte, modulata di fase, i segnali riflessi possono produrre una parziale cancellazione o un rafforzamento della sub-portante stessa con conseguente alterazione dei valori cromatici della immagine. Se questi effetti, nelle prove di esercizio, si riveleranno appariscenti, sarà necessario ridurli alla stessa entità di quelli dovuti alla propagazione su cammini diversi nel sistema in bianco e nero e nel sistema sequenziale per trame.

I rimanenti dubbi sul sistema con sub-portante si riferiscono esclusivamente al lato costo della equazione qualità-costo. È da attendersi, almeno per il futuro immediato, che l'equipaggiamento terminale, che richiede tre immagini sovrapposte nel trasmettitore e nel ricevitore, risulti più costoso di una semplice camera e di un riproduttore ambedue provvisti di disco rotante. Ma la differenza di costo sarà assai ridotta se le limitazioni delle dimensioni dell'immagine obbligheranno a progettare ricevitori per il sistema sequenziale per trame di tipo più complicato (vale a dire a tamburo rotante o a tubo tricolore).

Attualmente i circuiti dei ricevitori per il sistema con sub-portante di colore sono più complicati di quelli dei ricevitori per il sistema sequenziale per trame. È da attendersi che un ricevitore del primo tipo, equipaggiato per due assortimenti di standard di analisi e munito di circuito per il «crispening» e di controllo automatico della fase del colore, richieda all'incirca dieci tubi e diodi a cristallo di più di un ricevitore in bianco e nero equivalente. Modelli correnti di tali ricevitori impiegano 54 tubi, circa 32 di

più di un ricevitore tipico per bianco e nero. I costruttori affermano che più della metà di questi 32 tubi potrà essere eliminata, senza effetti nocivi, quando si sarà acquistata una maggiore esperienza sui circuiti. Se questa promessa sarà mantenuta, il ricevitore a colori con sub-portante avrà circa 5 tubi di più del ricevitore sequenziale per trame; ma la differenza sarà più che compensata dal risparmio di organi come il motore con il disco portafiltri e il reattore saturabile per il comando della fase del colore. È naturalmente troppo presto per poter fare un qualsivoglia realistico confronto fra i costi dei ricevitori, poichè un confronto di questo genere non può essere fatto che tra ricevitori prodotti in concorrenza per lo stesso mercato.

Qualunque debba essere la futura tendenza dei costi, è attualmente dimostrabile che il sistema con sub-portante è più complicato di quello sequenziale per trame. In compenso di questa complicazione addizionale, con esso si ottiene una trasmissione di migliore qualità. A questo vantaggio a lungo termine deve essere aggiunto quello schiacciante a breve termine della compatibilità.

La decisione finale a favore dell'uno o dell'altro sistema, se fatta in base a motivi razionali, dipenderà dalla importanza relativa attribuita ai fattori costo e qualità. Fra pochi mesi, comunque, si dovrebbe disporre di dati sufficienti per consentire agli ingegneri, alla FCC e al padrone di ambedue, il pubblico, di giungere a conclusioni razionali.

(95)

RADIODIFFUSIONE A ONDE METRICHE

DIPL. ING. HEINZ NITSCHE
della Rohde & Schwarz - Monaco

1. Premesse.

La radiodiffusione a onde metriche è, per molte delle sue premesse tecniche, strettamente imparentata con la radiodiffusione, che conosciamo da lungo tempo, attuata con altre gamme d'onda. Molte delle esperienze fatte con quest'ultima e molte delle apparecchiature per essa impiegate possono essere quindi senz'altro utilizzate anche nella radiodiffusione a onde metriche; la quale, d'altro canto, presenta anche particolarità che in parte derivano dalla legge di propagazione delle onde impiegate, in parte derivano dal fatto che tale tipo di radiodiffusione è sempre e dappertutto effettuato secondo un sistema speciale rigidamente circoscritto dai dati che lo definiscono.

Conviene anzitutto delineare brevemente questo sistema mediante le sue grandezze caratteristiche. La radiodiffusione a onde metriche utilizza in Europa la gamma di frequenza da 87,5 a 100 MHz (in America si arriva fino a 108 MHz). Essa impiega inoltre campi elettromagnetici polarizzati orizzontalmente e modulazione di frequenza con deviazione massima di 75 kHz dalla frequenza centrale. La gamma di modulazione si estende sino a 15 kHz; il suo limite inferiore che, a seconda delle apparecchiature, varia da 20 a 40 Hz, ha minore importanza per le considerazioni che stiamo per fare. Salvo avvertimento in contrario, nelle considerazioni che seguono ci riferiremo sempre ad un sistema definito da queste grandezze.

L'applicazione di tale sistema costituisce un progresso tecnico. Per effetto della *gamma di modulazione* notevolmente allargata e dello sfruttamento delle conseguenti possibilità tecniche, è possibile ottenere una trasmissione di fedeltà irraggiungibile con i mezzi precedentemente disponibili. *L'impiego della modulazione di frequenza* consente di ottenere un grado di immunità dai disturbi, su cui ci soffermeremo tra poco, che rappresenta un contributo decisivo al miglioramento della qualità. *Il modo di propagazione* delle onde adoperate consente di diffondere simultaneamente parecchi programmi, tutti di qualità elevata e migliore di quella che si usava chiamare qualità delle trasmissioni locali, quando, nel campo delle onde medie, non si lamentavano ancora disturbi d'interferenza.

L'utilizzazione di frequenze portanti dell'ordine di 100 MHz (3 m) permette di costruire antenne che hanno un elevato *guadagno di potenza* e di realizzare quindi impianti che hanno un rendimento sostanzialmente superiore a quello dei corrispondenti impianti per onde più lunghe e che pertanto risultano economicamente più convenienti.

I fondamenti scientifici della tecnica della radiodiffusione a onde cortissime erano completamente noti già prima che essa venisse applicata in pratica, e in parte, da parecchio tempo. Al momento dell'adozione di tale nuovo tipo di radiodiffusione si trattò soltanto di utilizzare correttamente queste conoscenze. La sua applicazione su più vasta scala (attualmente in Germania funzionano una cinquantina di stazioni a modulazione di frequenza) ha consentito di raccogliere esperienze più numerose e di consolidare e, in parte, di rettificare le nostre concezioni in materia.

Nelle considerazioni relative alla propagazione, alla quale daremo la precedenza, saranno utilizzate sostanzialmente equazioni che in definitiva derivano dai lavori di Van der Pohl e Bremmer e di cui si è avuto comunicazione fin dal 1938.

2. Propagazione.

Le onde metriche vengono sovente qualificate quasi-ottiche. Con questo si vuole esprimere che le leggi che governano la loro propagazione sono molto simili a quelle valide per le onde elettromagnetiche luminose. Questa considerazione semplificativa non può però essere applicata in maniera ed in misura troppo generale. Una differenza evidente, che contrasta con questa rappresentazione sommaria, sta nel fatto che per le onde metriche si possono considerare riflettenti superficie notevolmente più ruvide e meno piane di quelle che tali possono essere considerate per le onde luminose. Il campo E_0 di un'antenna a dipolo nello spazio libero è dato da:

$$E_0 = \frac{3\sqrt{5}}{d}\sqrt{P} \qquad [1]$$

(d = distanza in m, P = potenza in watt).

Questa espressione non può però essere applicata alla propagazione delle onde metriche attorno ad una terra sferica, liscia, di conduttività infinita. Essa deriva infatti dall'ipotesi che l'energia uscente dal dipolo si distribuisca su superfici sferiche così che l'energia stessa varii in ragione inversa di d^2 e il campo varii in ragione inversa di d.

Se si considera invece la propagazione sopra una terra piana, si giunge all'espressione:

$$E = E_0 \; 2 \; \text{sen} \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}, \qquad [2]$$

nell'ipotesi (fig. 1) che il raggio diretto uscente dal trasmettitore a quota h_1 interferisca, in corrispondenza

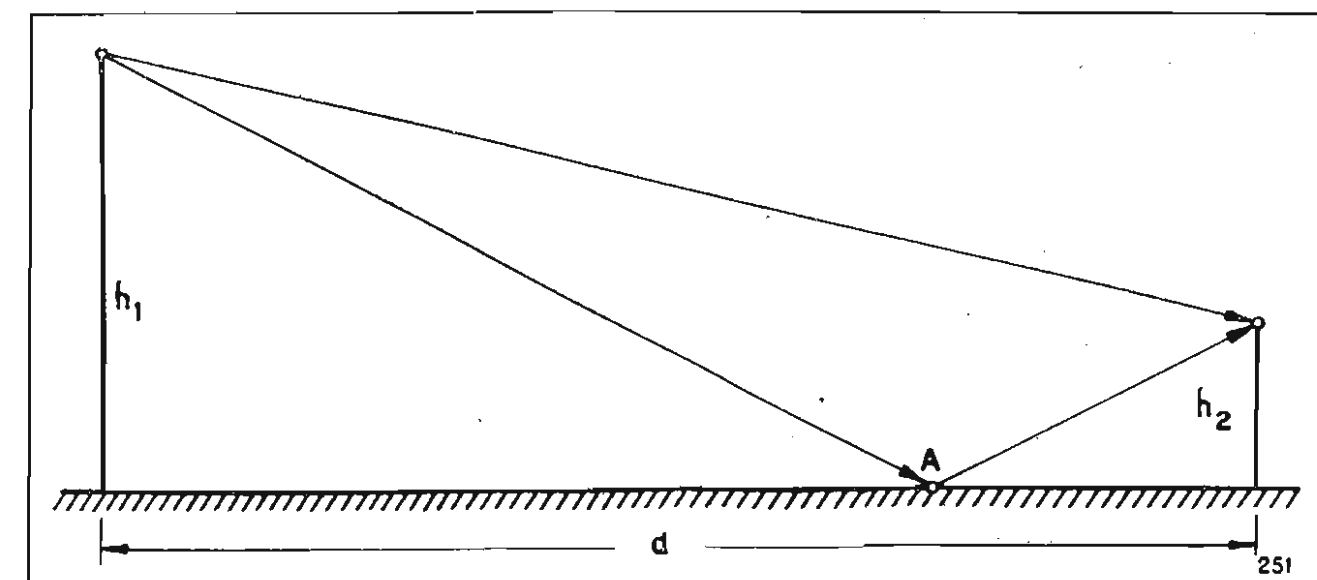



Fig. 1. — Propagazione con riflessione.

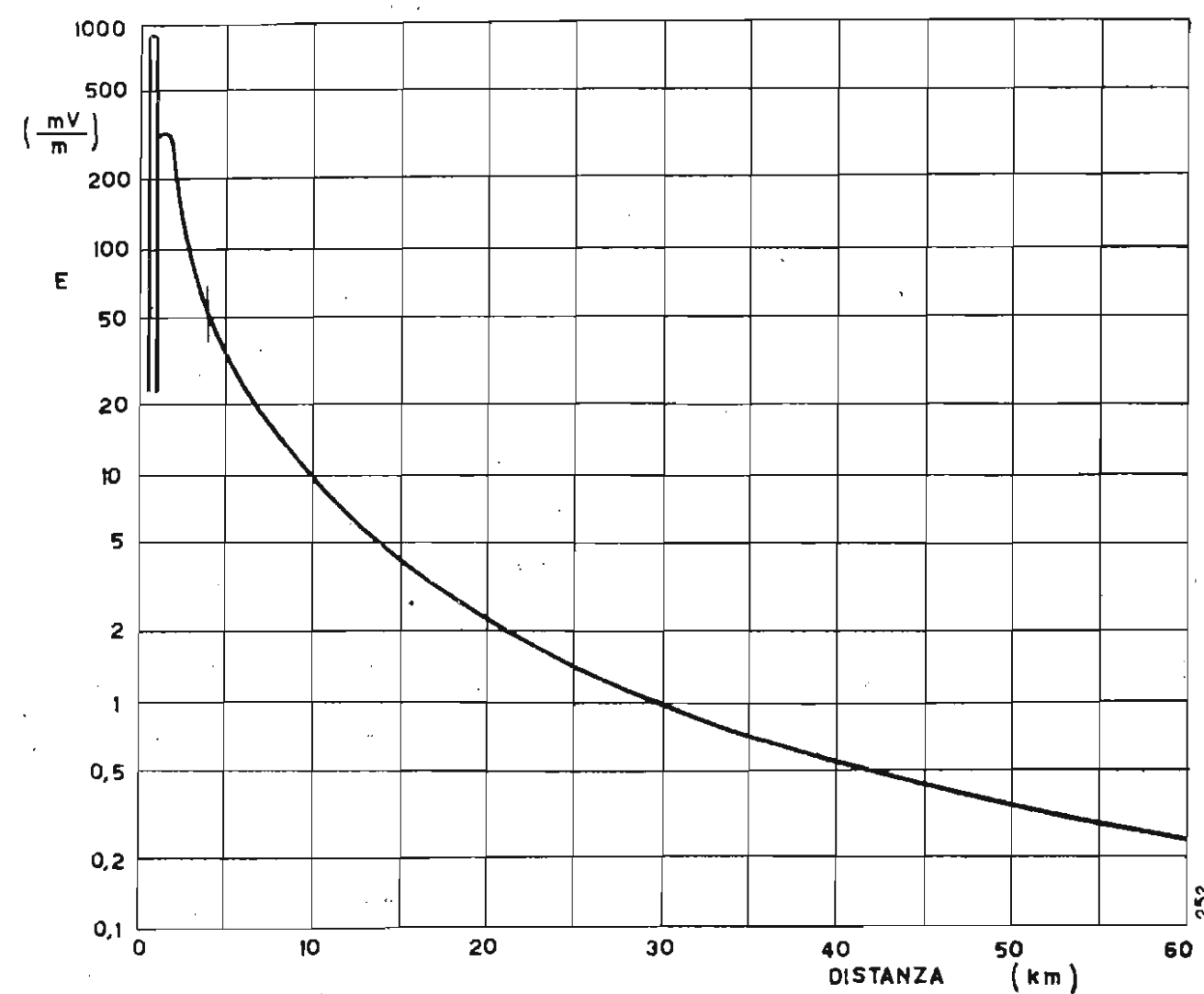



Fig. 2. — Intensità del campo nella propagazione su una superficie piana.
Frequenza: 100 MHz
Potenza in antenna: 1 kW
Altezza dell'antenna trasmittente: 100 m
Altezza dell'antenna ricevente: 10 m

dell'antenna ricevente a quota h_2, con un raggio indiretto riflesso nel punto A dalla superficie terrestre. Il secondo raggio percorre un cammino più lungo del primo e l'interferenza produce un annullamento del campo se la differenza di cammino è un multiplo dispari di $\lambda/2$ od un rafforzamento dello stesso, che può giungere fino al raddoppio, se la differenza è multiplo pari di $\lambda/2$. Non dobbiamo tuttavia spaventarci per l'annullamento del campo dovuto all'annullamento del seno nella [2] per valori dell'argomento multipli interi di π. Il campo di validità della formula è:

$$2\pi \frac{h_1 h_2}{\lambda d} > 0{,}5 \qquad [3]$$

onde tali punti di zero si presentano solo nelle vicinanze relativamente immediate di un trasmettitore situato a quota elevata. Per distanze maggiori il campo è espresso dall'equazione più semplice:

$$E = \frac{3\sqrt{5}}{d}\sqrt{P}\,\frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda d} \qquad [4]$$

ovvero:

$$E = 85\,\frac{h_1 h_2 \sqrt{P}}{\lambda d^2}\,.$$

Con queste formule, cui corrispondono curve del tipo di quelle della figura 2, si può effettivamente valutare bene la propagazione attorno al trasmettitore, se il terreno circostante è sostanzialmente pianeggiante. I diagrammi contenuti nell'opuscolo « Standards for Good Engineering Practice Concerning FM Broadcast Stations » della Federal Communications Commission (FCC) forniscono entro la portata ottica valori coincidenti con quelli che si ottengono dalla formula ora ricordata. Il Rundfunktechnisches Institut di Norimberga, quando è stato redatto il piano per l'impianto dei trasmettitori della zona, ha calcolato i contorni di 2 mV/m col procedimento della FCC e li ha poi confrontati con i risultati di misura (bibl. 5). Si è constatato che il calcolo dava valori troppo favorevoli; e precisamente che i rapporti tra le distanze, misurate e calcolate, della linea 2 mV/m dal trasmettitore, variavano fra 0,4 : 1 e 1,1 : 1. Si deve però avvertire che si trattava di un terreno prevalentemente montuoso nel quale le promesse del metodo di calcolo erano soddisfatte in misura molto limitata.

Grosskopf ha pubblicato le misure, eseguite su terreno pianeggiante, riassunte nella figura 3; in essa, assieme alla curva calcolata, ne sono state tracciate altre due; delle quali una dà i valori del campo misurati allontanandosi dal trasmettitore e l'altra quelli misurati avvicinandosi ad esso; la differenza rappresenta la dispersione delle misure. La concordanza straordinariamente elevata tra i risultati del calcolo e quelli delle misure è un indice dell'applicabilità della formula nei casi in cui le premesse su cui essa è fondata sono soddisfatte.

Nelle regioni montagnose le possibilità di riflessione sono assai più numerose e non prevedibili col ricorso all'ipotesi semplificativa di una terra piana. Se tuttavia si considera più minutamente l'andamento del terreno è possibile calcolare con esattezza le riflessioni e le interferenze che ne derivano. Grosskopf ha mostrato brillantemente come con tali riflessioni si possa spiegare e prevedere quantitativamente qualsiasi differenza fra i risultati delle misure e i dati ottenuti dalla teoria semplificata.

La figura 4 mostra come può avvenire una riflessione di questo genere sopra un pendìo montano nelle immediate vicinanze del trasmettitore.

Condizioni simili di riflessione si possono avere in vicinanza dell'antenna ricevente od in qualsivoglia punto intermedio. Vogliamo tuttavia a questo proposito dare per assodato un fatto: che cioè l'influenza sul campo nel punto di ricezione dell'area della superficie riflettente dipende in larga misura dalla sua distanza dal trasmettitore e dal ricevitore.

Questo fatto può essere quantitativamente espresso con l'equazione:

$$S = \frac{\lambda}{\cos\Theta}\,\frac{d_1 d_2}{d} \qquad [5]$$

che dà l'area di una superficie riflettente equivalente ad un radiatore secondario capace di produrre nel punto di ricezione un campo uguale a quello prodotto nello spazio libero dal trasmettitore. Quest'area è direttamente proporzionale al prodotto delle due distanze parziali d_1 e d_2 e inversamente proporzionale

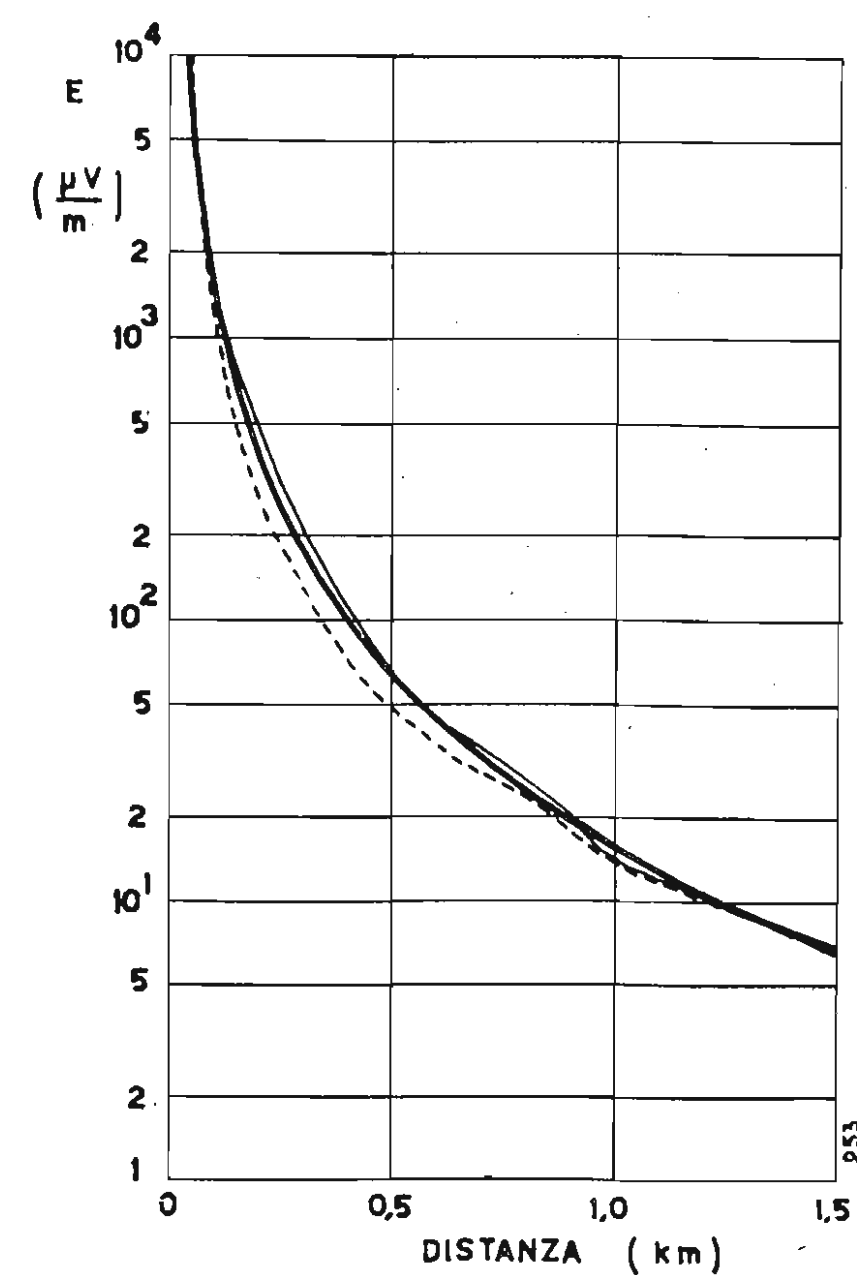



Fig. 3. — Propagazione in regione pianeggiante. Confronto fra i campi calcolati e quelli misurati (secondo Grosskopf).

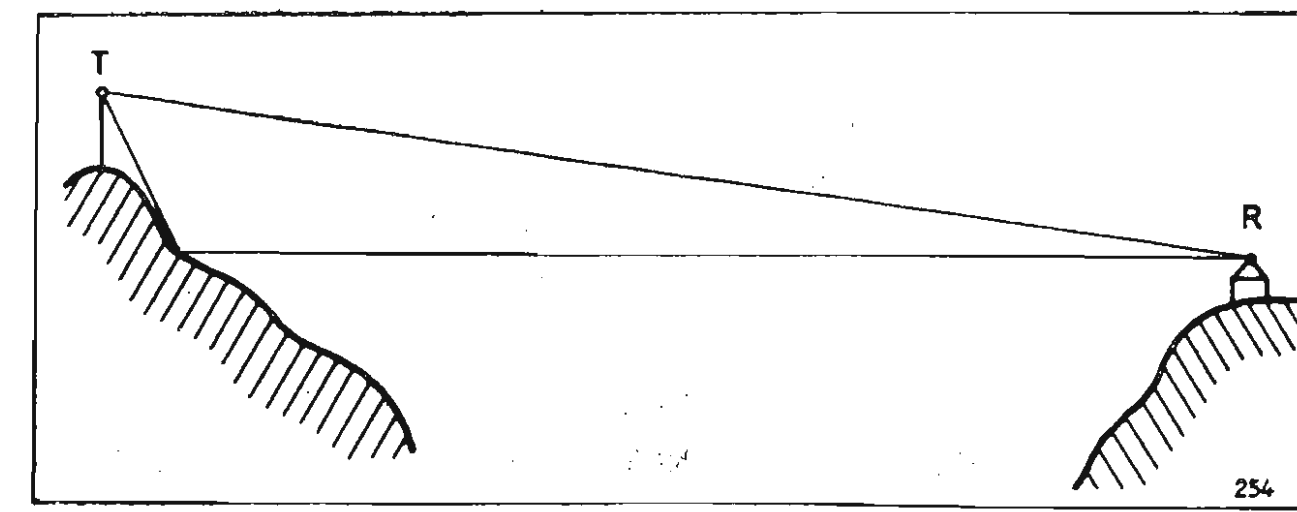



Fig. 4. — Riflessione su un pendìo montano.

al coseno dell'angolo di incidenza Θ. La formula dimostra come le riflessioni sui pendii in vicinanza del trasmettitore o del ricevitore contribuiscano in maniera preferenziale alla formazione del campo risultante.

Il presente lavoro non si propone di fornire maggiori particolari su tali metodi di calcolo; ci limiteremo quindi ad affermare che i fenomeni di propagazione nei limiti della portata ottica sono suscettibili di trattazione tecnica e possono quindi essere predeterminati.

Sopra una terra sferica, la portata ottica è limitata dall'orizzonte. Veramente l'analogia con le onde luminose non può essere spinta troppo in là senza un esame più accurato dei fatti. In realtà, anche per le onde della gamma di cui ci occupiamo, in vicinanza dell'orizzonte si verifica sempre una *diffrazione*, solo che l'attenuazione che l'onda ivi subisce è notevolmente più forte di quella a cui siamo abituati per le onde più lunghe. Se sono note la conduttività e la costante dielettrica del suolo, anche questi fenomeni sono calcolabili. Per la propagazione delle onde metriche la diffrazione sui terreni irregolari ha importanza maggiore di quella sull'orizzonte. Certi ostacoli, come colline, dorsali montane, grossi edifici, producono ombre per la propagazione delle onde metriche. L'attenuazione del raggio diffratto dipende fortemente dall'angolo di diffrazione. In altre parole: se la località di ricezione è vista dallo spigolo diffrangente sotto un piccolo angolo rispetto all'orizzontale, l'attenuazione è piccola. L'attenuazione d'ombra assume invece valori più elevati se la località di ricezione è più bassa rispetto allo spigolo diffrangente e quindi l'angolo di diffrazione è grande.

Se si vuole chiarire perchè l'attenuazione di diffrazione è avvertibile in questa gamma di frequenza mentre non lo è nel campo delle onde più lunghe, basta confrontare la grandezza dell'ostacolo con la lunghezza d'onda. L'estensione degli ostacoli a cui si è dianzi accennato è grande rispetto ad una lunghezza d'onda di 3 m. Gli ostacoli stessi sono invece piccoli rispetto alle onde più lunghe, che perciò li scavalcano facilmente.

Per le portate maggiori dobbiamo esaminare più accuratamente la propagazione dentro l'atmosfera. Per le frequenze dell'ordine di 100 MHz possiamo trascurare completamente la *ionosfera*. La concentrazione ionica necessaria per produrre una riflessione totale aumenta, come è noto, con l'aumentare della frequenza e, per le onde di 3 m, si potrebbero avere riflessioni solo a distanze molto grandi, cioè per incidenza radente dell'onda sugli strati ionizzati. La distanza del ritorno a terra del raggio riflesso dovrebbe essere dell'ordine di qualche migliaio di chilometri. In effetti con le onde di 3 m non si sono ancora in nessun luogo osservati fenomeni di propagazione per riflessione imputabili alla ionosfera. Le onde attorno ai 5 m sono le più corte che diano luogo a sporadiche riflessioni di tal genere nei periodi di massima attività solare.

Per la propagazione nella *troposfera* ha importanza essenziale il fatto che la densità dell'aria secca diminuisca con l'aumentare dell'altezza. Questo si può anche esprimere dicendo che l'indice di rifrazione degli strati bassi dell'atmosfera presenta un gradiente. Avviene così una rifrazione dei raggi, altrimenti rettilinei, che, in un'atmosfera uniforme lungo tutto il percorso, deve produrre un lieve aumento della portata. Si tiene generalmente conto di questo « allargamento » dell'orizzonte, dovuto alla curvatura dei raggi, aumentando nel rapporto 4/3 il raggio della terra nelle formule di propagazione che tengono conto della curvatura terrestre.

Normalmente si può sempre contare su questo allargamento di orizzonte dovuto alla diffrazione nella troposfera. Intervengono circostanze speciali solo quando l'omogeneità dell'atmosfera è turbata. Per effetto di inversioni di temperatura o di formazione di strati d'aria con tenori di vapor d'acqua molto diversi fra loro si possono avere rifrazioni eccezionalmente forti ed anche riflessioni totali. Se si ha uno strato d'inversione di tal genere, giacente al disotto della congiungente il trasmettitore col ricevitore, si può avere una estinzione del campo nel punto di ricezione e quindi una evanescenza totale. Se invece lo strato di inversione è più alto, si può avere un sostanziale aumento di portata. Allorchè si compilarono i piani per una rete di radiodiffusione a M.F., queste portate eccezionali suscitarono forti timori. Esse tuttavia si rivelarono in pratica meno dannose del previsto; circostanza questa, come vedremo fra poco, di cui dobbiamo essere grati al sistema di modulazione.

Abbiamo voluto qui elencare una serie di fatti apparentemente negativi, dai quali si potrebbe trarre la falsa impressione che la gamma di frequenze di cui ci stiamo occupando non sia adatta a servire bene e in maniera uniforme una regione relativamente estesa. La conoscenza di questi fatti singolari è necessaria per poter predeterminare la propagazione in tutte le condizioni possibili. A causa della diversità dei fenomeni di cui si deve tener conto, il *calcolo* è alquanto difficile. La *propagazione* in se stessa non è però affatto problematica. Sta anzi di fatto che la radiodiffusione effettuata con queste onde funziona in alcuni paesi con grande soddisfazione dei suoi ascoltatori. In pratica parecchi dei fenomeni qui considerati separatamente si verificano spesso simultaneamente ed i loro effetti sovente si compensano. Tra i molti esempi possibili vogliamo accennare ad uno solo. In una località situata nell'ombra di un ostacolo diffrangente si ha nondimeno buona ricezione per effetto di riflessione sulla superficie riflettente di un terreno o di un edificio fronteggiante (bibl. 9).

3. Riduzione dei disturbi per effetto della M. F.

Questo effetto è così importante che dobbiamo esaminarlo almeno per grandi linee. Partiamo dalla premessa che il ricevitore adoperato sia provvisto di un limitatore che sopprima l'eventuale modulazione di ampiezza ed ammettiamo, per semplicità, che l'effetto di limitazione sia ideale. Vedremo che veramente la bontà di un ricevitore dipende in misura decisiva dalla efficacia del limitatore. La maniera migliore di rappresentare il modo di insorgere di un disturbo consiste nel supporre simultaneamente agenti un segnale

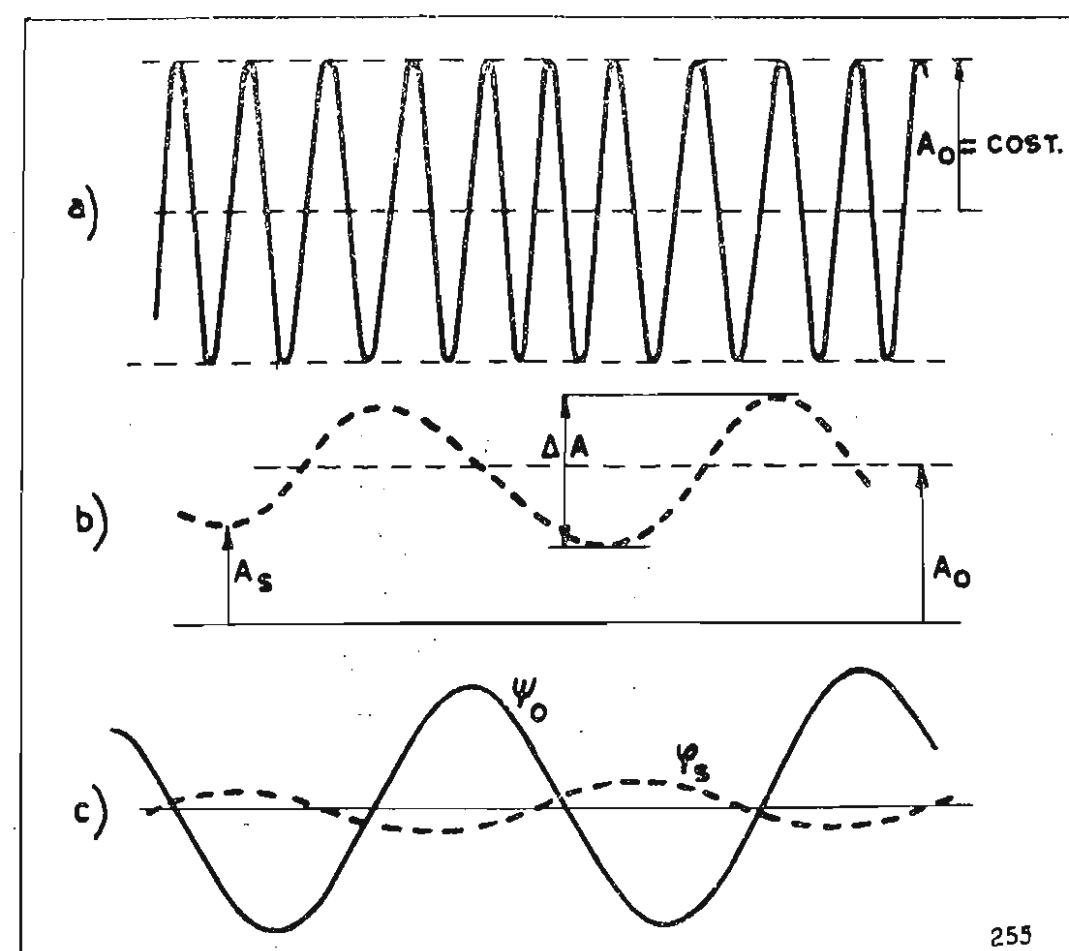



Fig. 5. — Disturbo di fase e disturbo di ampiezza (secondo Güttinger).

utile e un segnale disturbatore (fig. 5). Seguiremo qui l'esposizione di Güttinger (bibl. 4). In *a*) è rappresentata la forma d'onda del segnale utile che, incidentalmente, supponiamo modulato di frequenza; in *b*) si vede invece il segnale perturbante, supposto di grandezza relativamente notevole. Esso ha un'ampiezza che è circa la metà di quella del segnale utile. Dalla sovrapposizione dei due segnali consegue una considerevole perturbazione di ampiezza. Nel nostro ricevitore per modulazione di frequenza questa perturbazione viene completamente eliminata dal limitatore; ma la sovrapposizione dei segnali dà luogo anche ad una perturbazione di fase, poichè gli zeri dell'oscillazione risultante risultano spostati rispetto a quelli del segnale utile. L'informazione contenuta in una oscillazione modulata di fase è però, come indica lo stesso nome, fondata esclusivamente sulla posizione relativa degli zeri. La valutazione dei due effetti, che conduce alle curve in *c*), mostra come nell'esempio considerato la perturbazione di fase sia molto più piccola di quella di ampiezza.

Vettorialmente si ha il diagramma della figura 6. Il vettore V_0 rappresenta il segnale utile, il cui angolo di fase $\omega_0 t + \psi_0$ è definito dalla pulsazione ω_0 della portante e dalla sua fase iniziale ψ_0. Questa può essere funzione del tempo. Se si ha modulazione di frequenza o di fase, alla rotazione con velocità angolare uniforme del vettore è sovrapposto un movimento oscillatorio che periodicamente accelera e ritarda la rotazione stessa. Il vettore disturbatore V_s ha una fase istantanea $\omega_s t + \psi_s$, ove ψ_s può, anche essa, essere funzione del tempo. L'angolo φ_s rappresenta il disturbo sulla fase. Possiamo seguire meglio il fenomeno se adottiamo un sistema di riferimento in quiete rispetto a V_0 (fig. 7). In questo caso il movimento del vettore disturbante V_s è descritto dalla differenza di fase $(\omega_s - \omega_0)\, t + \psi_s - \psi_0$. Se supponiamo poi che V_s sia modulato anche in ampiezza, l'estremo di tale vettore descrive una curva che, naturalmente, non è necessariamente chiusa. Il valore massimo di φ_s si ottiene conducendo le tangenti alla curva. Se l'ampiezza V_s non supera l'ampiezza utile V_0 il diagramma è contenuto in un cerchio e la deviazione massima di φ_s non può superare $\pm \pi/2$. Questo valore limite è molto importante e su di esso conviene un poco soffermarsi. Come è noto fra la deviazione di fase $\Delta\, \alpha$ e quella di frequenza Δf sussiste la relazione $\Delta f = f_m \Delta \alpha$, ove f_m è la frequenza modulante. Per una frequenza modulante $f_m = 1000$ Hz si potrebbe quindi avere, tutt'al più una deviazione di frequenza $\Delta f = 1570$ Hz che, con riferimento alla consueta deviazione utile massima di 75 kHz, equivale ad un livello di disturbo di -34 dB. La possibilità di disturbo aumenta

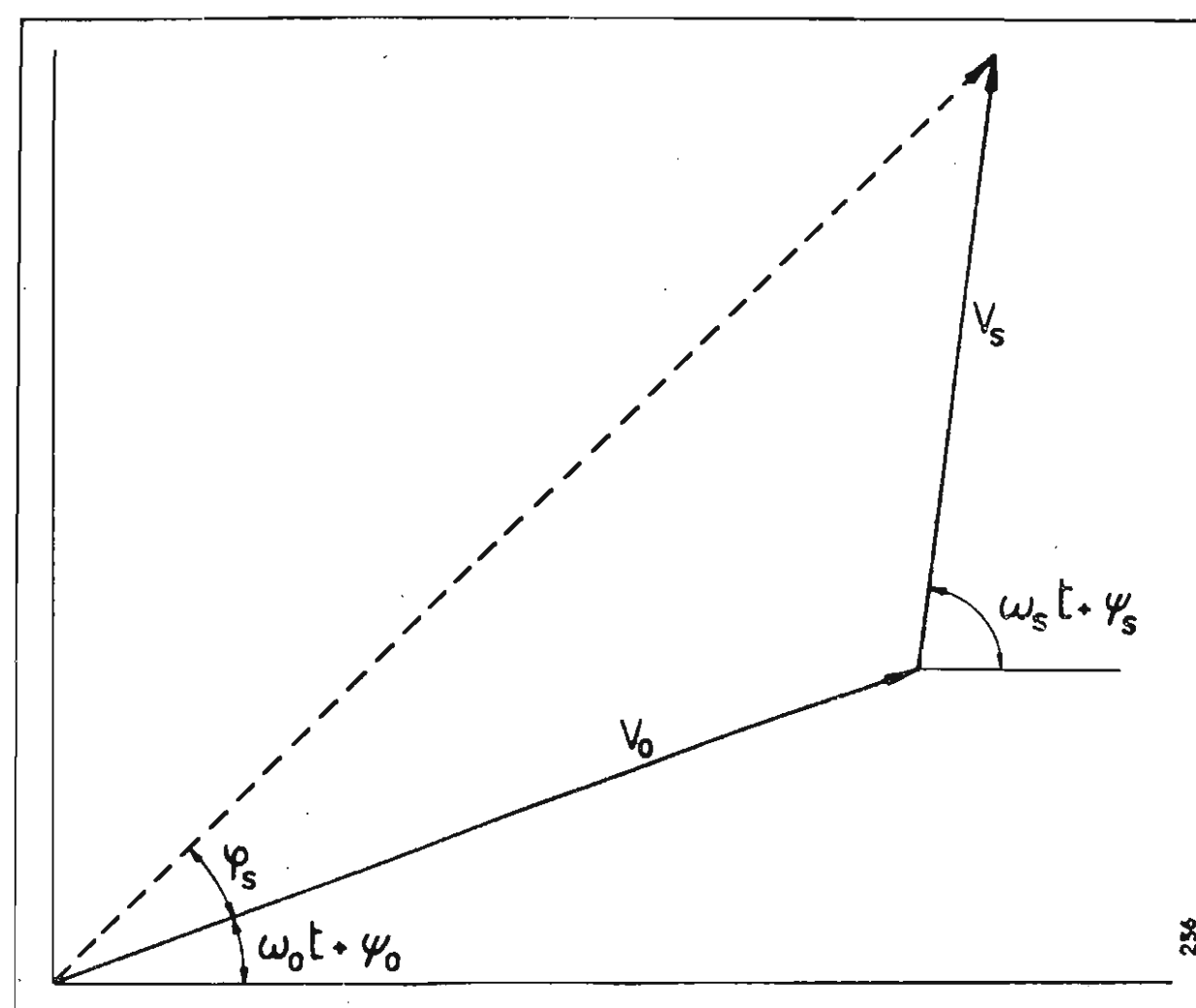
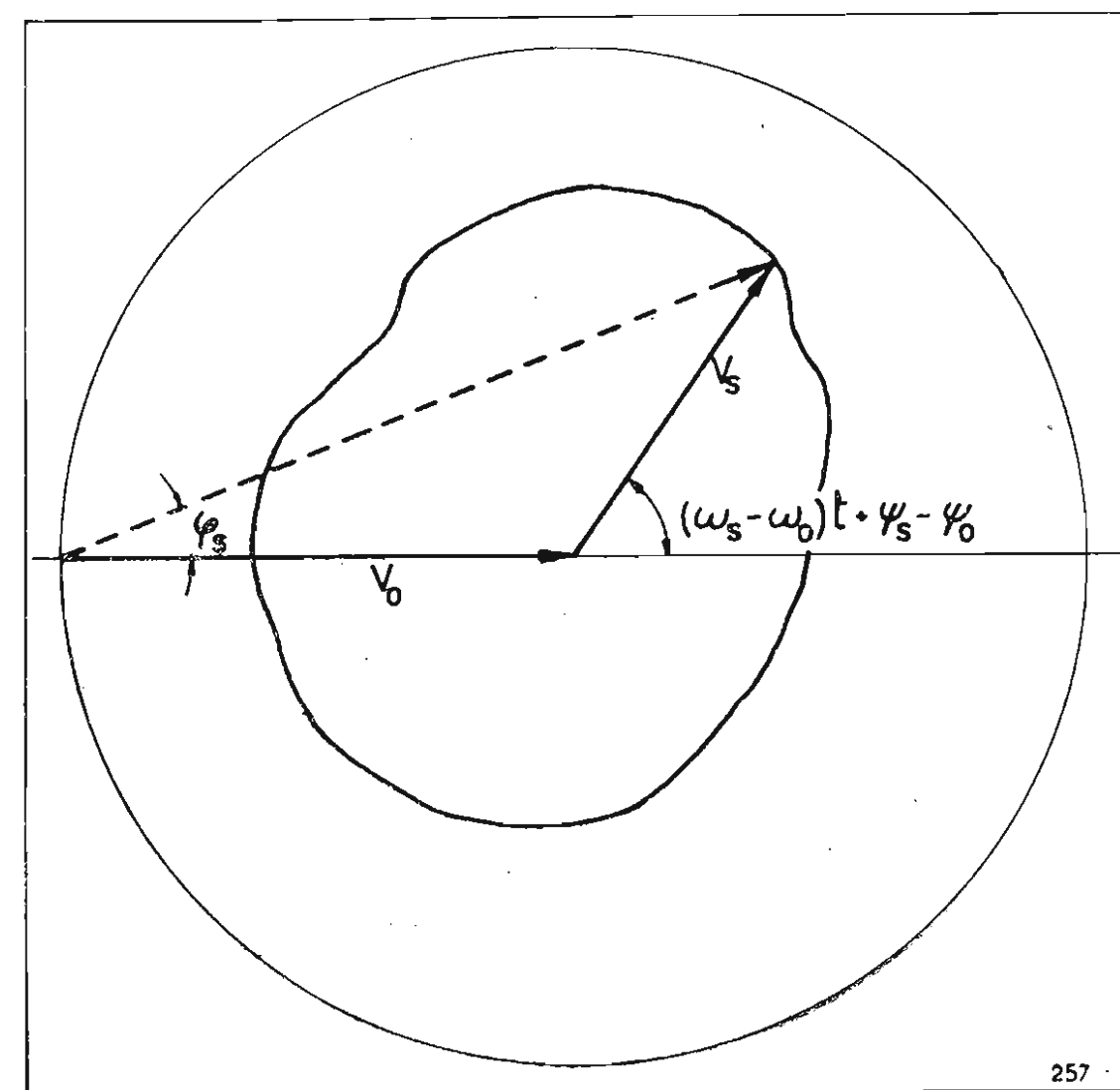



Fig. 7. — Disturbo di fase, assi coordinati in quiete rispetto a V_0.

linearmente con l'aumentare della frequenza modulante; per $f_m = 10$ kHz si ha una deviazione di frequenza di 15 700 Hz e quindi il livello del disturbo sale a -14 dB.

Conviene ricordare che simili circostanze si verificano soltanto se l'ampiezza del segnale disturbante è pressochè uguale a quella del segnale utile. Praticamente sono dunque da attendersi soltanto disturbi verso l'estremo superiore della gamma di audiofrequenza. Effettivamente, quando si ha un disturbo dovuto al segnale di un trasmettitore potente funzionante con la stessa portante del segnale utile, si avverte soltanto un sibilo incomprensibile di frequenza elevata e se si adotta il sistema della preaccentuazione e della deaccentuazione il rapporto « segnale / disturbo » nella regione delle frequenze modulanti elevate viene ulteriormente migliorato. Che non si abbia affatto diafonia *comprensibile* risulta anche dalla figura 7. La relazione fra il disturbo sulla fase e la fase di modulazione del segnale disturbante non è evidentemente lineare; fra le due grandezze sussiste una

Fig. 6. — Disturbo di fase.

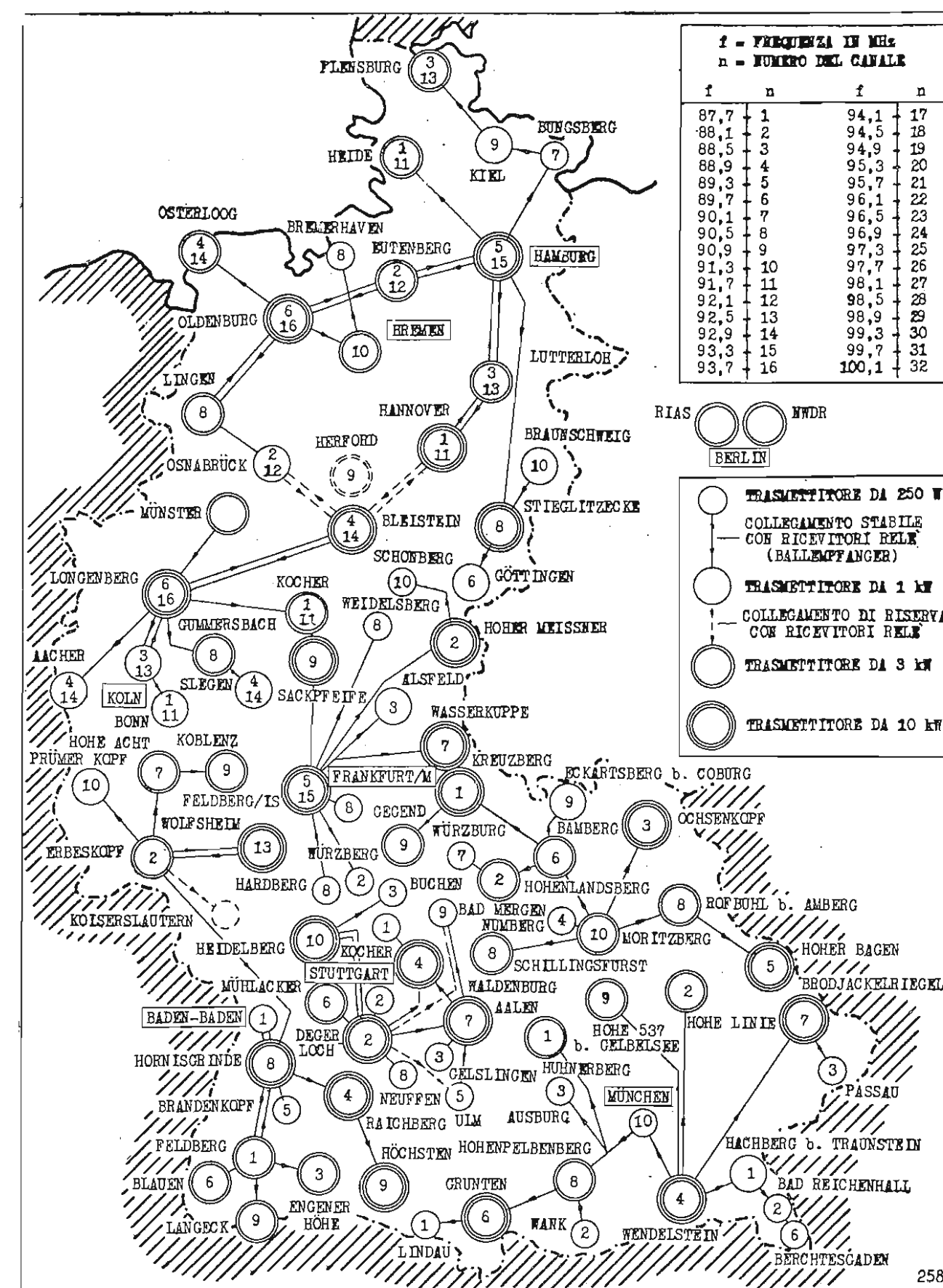



Fig. 8. — Trasmettitori ad onde metriche nella Repubblica Federale Tedesca.

relazione più complicata, in base alla legge del coseno.

Di due trasmettitori modulati in frequenza, funzionanti con la stessa portante, si ode sempre in maniera comprensibile quello il cui campo, nel punto di ricezione, supera sia pur di poco quello dell'altro. Il trasmettitore disturbante, quando i campi sono pressochè uguali, si avverte soltanto in forma di sibilo in corrispondenza delle frequenze più elevate della gamma acustica trasmessa. Se ci si sposta lungo la congiungente i due trasmettitori dapprima sentiamo il programma di uno di essi. Non vi è una vera e propria zona di confusione come quella ben nota esistente fra trasmettitori sincronizzati modulati di ampiezza; in maniera relativamente improvvisa cessa la ricezione del primo trasmettitore e si sente il programma del secondo. Con un più attento ascolto si può avvertire, prima e dopo del passaggio da un programma all'altro, un rumore secondario sibilante di intensità variabile. Questa proprietà della modulazione di frequenza è molto vantaggiosa per l'impianto di una rete di trasmettitori e spiega come i disturbi dovuti ad aumenti di portata determinati da fenomeni troposferici non siano così sgradevoli come a prima vista parrebbe lecito dedurre dalla teoria della propagazione.

Per stabilire dunque il piano di una rete di trasmettitori a onde metriche si può, per esempio, procedere nel modo seguente. Si stabiliscono i contorni delle aree di servizio dei singoli trasmettitori in modo che su ciascuno di essi il rapporto tra il campo del trasmettitore corrispondente e quello di un altro che utilizzi la stessa frequenza risulti di 10 : 1. Se il campo del trasmettitore disturbante aumenta per effetto di variazione delle condizioni della troposfera, la ricezione del trasmettitore desiderato è ancora possibile e anzi notevolmente migliore di quella che siamo abituati ad avere quando di sera ascoltiamo molti trasmettitori centro-europei. Ma è anche probabile che si possa redigere un piano in cui il rapporto in discorso sia maggiore di 10 : 1. Con questo siamo giunti alle questioni concrete cui si va incontro nella redazione di un piano. Può valere di esempio la carta della Repubblica Federale Tedesca della figura 8, nella quale sono segnati 80 trasmettitori, di cui almeno 50 sono già in funzione. Questi trasmettitori attualmente utilizzano esclusivamente la gamma 87,7 ÷ 93,7 MHz. Senza entrare per ora in particolari possiamo subito notare un fatto: che cioè nella Germania del Sud, composta in prevalenza di territori montuosi, si trova un numero relativamente elevato di trasmettitori, peraltro di potenza relativamente piccola o piccolissima. Nella Germania del Nord, che è sostanzialmente un bassopiano interrotto solo da poche e poco elevate alture, troviamo invece un numero relativamente piccolo di trasmettitori che sono peraltro, senza eccezione, di potenza relativamente elevata.

4. Antenne.

Non si possono esaurire le questioni relative alla configurazione di una rete di trasmettitori a onda metrica senza occuparsi per sommi capi della relative antenne. La forma di antenna più semplice, alla quale si riferiscono tutti i calcoli già riportati, è un dipolo orizzontale costituito da due radiatori $\lambda/4$ eccitati in opposizione di fase. Il diagramma di irradiazione orizzontale di tale dipolo è costituito (fig. 9) da due

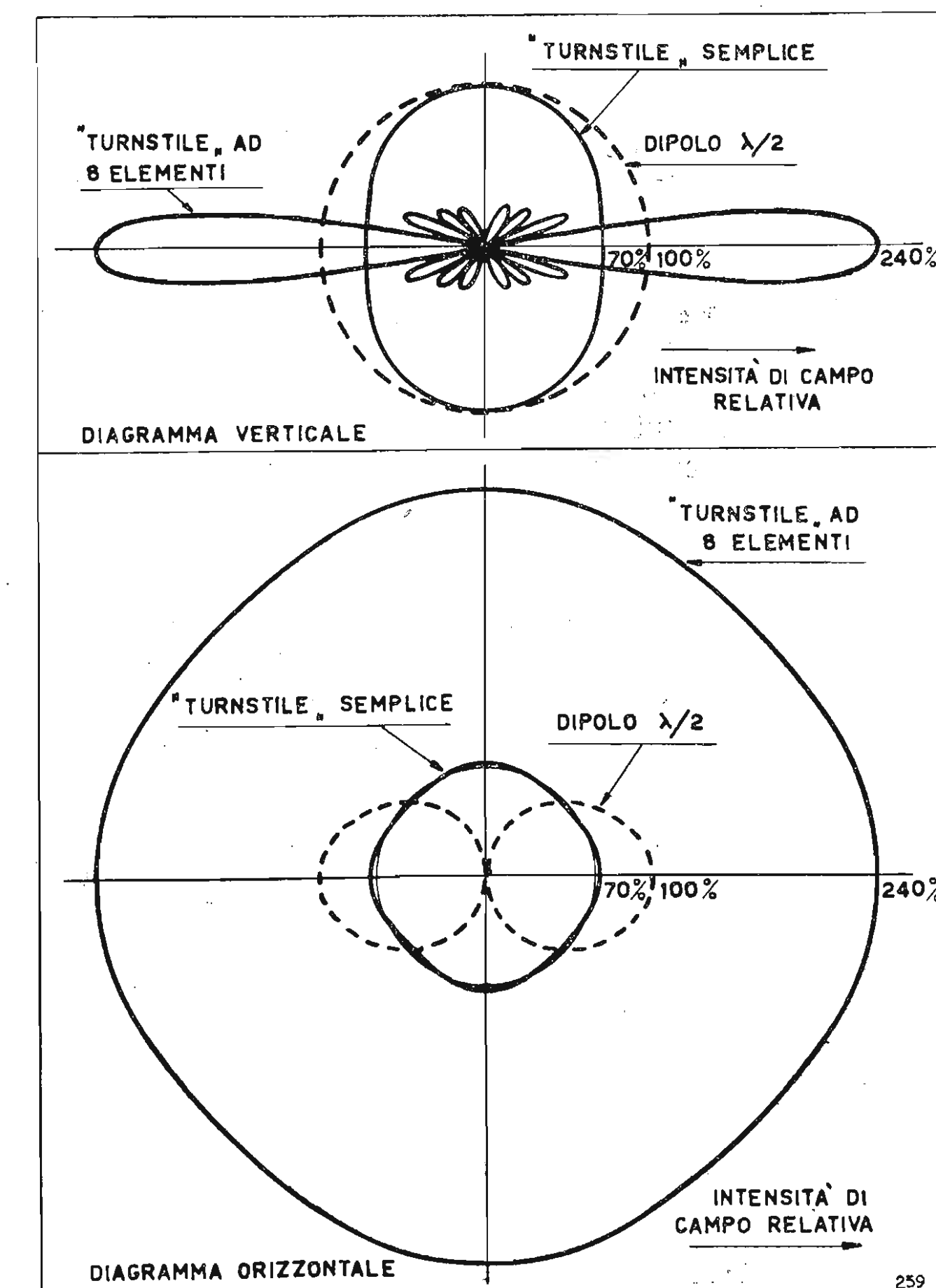



Fig. 9. — Diagrammi di radiazione di antenne.

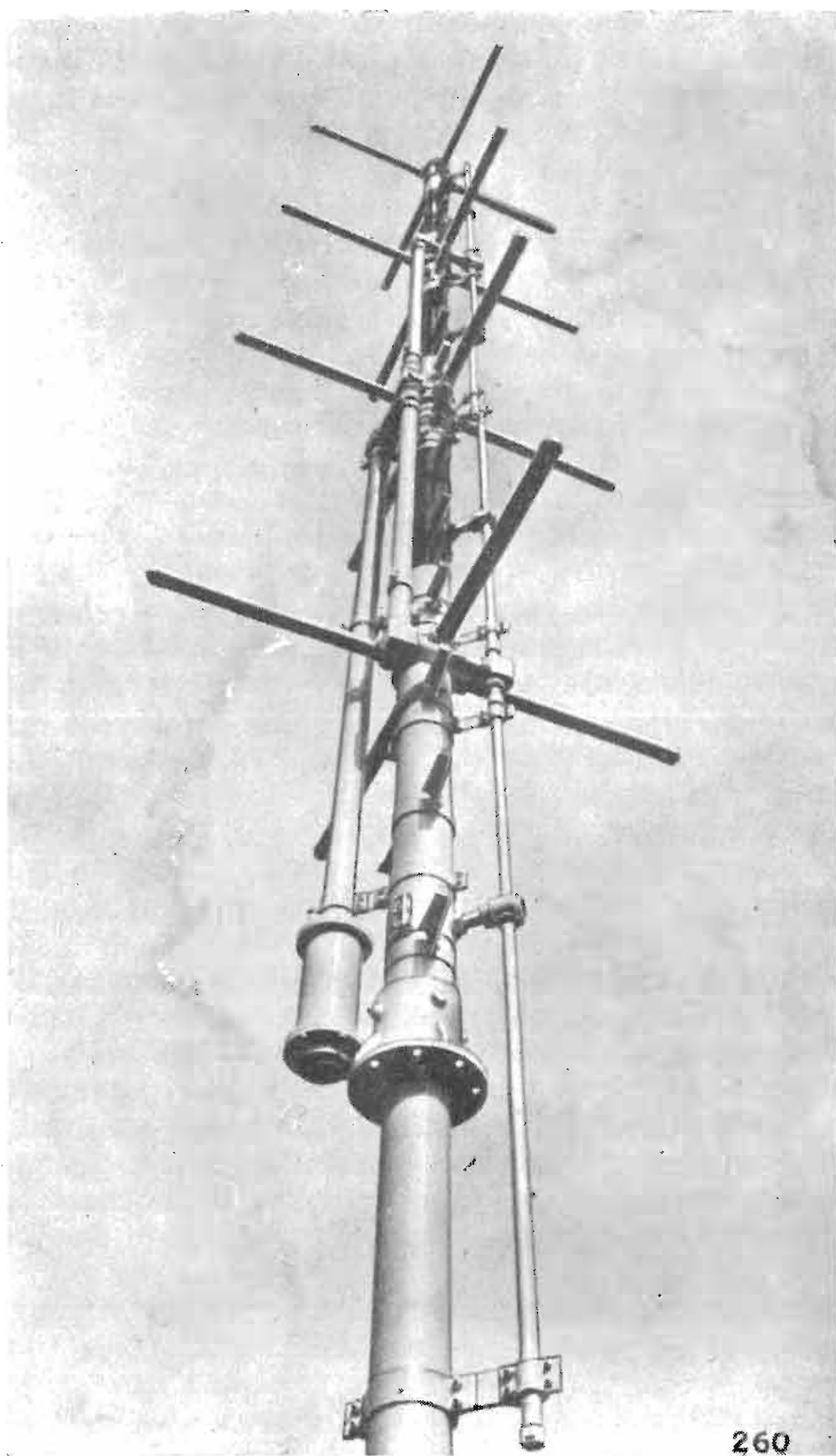



Fig. 10. — Antenna « Quirl » a 4 elementi.

curve pressochè circolari. Il diagramma verticale è completamente omnidirezionale. Questo tipo di antenna non è adatto per la radiodiffusione poichè se la zona da servire è circolare, in più della metà di essa si hanno campi esigui. Per la radiodiffusione è necessaria un'antenna che irradii ugualmente in tutte le direzioni. Ciò per esempio, può essere ottenuto con un sistema di due dipoli incrociati eccitati opportunamente con una differenza di fase di 90°. Si vede dal diagramma orizzontale che l'irradiazione è abbastanza uniforme in tutte le direzioni, le deviazioni del diagramma dal cerchio essendo di circa il ± 6 %. Dal diagramma verticale di questa antenna, detta in Germania *Quirl* e in America *Turnstile*, si vede che una parte notevole dell'energia viene irradiata verso l'alto e verso il basso. Questo svantaggio può essere evitato ricorrendo a un sistema costituito da un certo numero di queste antenne disposte l'una sull'altra verticalmente, a distanza opportuna e eccitate nello stesso modo. Dal diagramma verticale di un sistema siffatto, costituito da 8 elementi, si vede che si ottiene un rilevante aumento dell'intensità di campo in direzione orizzontale. Il diagramma orizzontale si allarga senza cambiare di forma come si vede dalla figura 9.

L'aumento del campo in direzione orizzontale è quel che si chiama *guadagno dell'antenna*. Esso è caratteristico del tipo di antenna e dice di quanto più grande dovrebbe essere la potenza del trasmettitore, per avere lo stesso campo in un punto assegnato, se invece dell'antenna considerata si adoperasse un dipolo ordinario. Se per esempio un'antenna ha un guadagno di potenza $G = 6$ ciò vuol dire che alimentandola con 10 kW si ottiene lo stesso campo che si otterrebbe alimentando con 60 kW un semplice dipolo.

Questa proprietà del sistema a onde metriche è estremamente importante agli effetti economici. La brevità delle onde impiegate permette di costruire con spesa relativamente moderata sistemi di antenne che danno una forte concentrazione a fascio della potenza irradiata. Il costo di installazione di una stazione ad onde metriche risulta considerevolmente minore di quello di una stazione a onde medie avente un'area di servizio dello stesso ordine di grandezza.

La figura 10 mostra un'antenna a 4 elementi per la potenza di 10 kW. Si noti la forma relativamente massiccia dei radiatori che permette di trasmettere una gamma di frequenza abbastanza larga. La guaina esterna dei radiatori è collegata galvanicamente al palo di sostegno; si ha così tra qualunque punto della guaina ed il palo un corto circuito per le correnti continue e per le correnti alternate a frequenza industriale. Questo tipo di costruzione protegge in modo sicuro le parti sensibili dell'antenna dalle scariche atmosferiche. È stato già spesso constatato che anche la caduta di fulmini non pregiudica le caratteristiche dell'antenna. Si vede dalla figura come il « cablaggio » assuma già in questo caso dimensioni importanti. Il guadagno di questa antenna è $G = 3$.

Per la costruzione delle antenne, oltre alle esigenze elettriche vere e proprie, sono decisive anzitutto quelle statiche. Il carico dovuto alla spinta del vento, specialmente quando si ha formazione di ghiaccio, può essere considerevole. Per questo motivo, ad esempio, per le antenne a 8 elementi si adopera come struttura portante un palo a traliccio di membrature tubolari. Il cosidetto « cablaggio », le linee di alimentazione dei singoli radiatori, le *marmitte* di arresto e le linee sfasatrici sono disposte dentro il traliccio. Non è semplice riuscire ad attuare una forma di antenna tale che le caratteristiche di radiazione di cui abbiamo parlato non siano perturbate dalla costruzione in ferro del traliccio. La figura 11 dimostra tuttavia che questo problema può essere risolto. Vediamo infatti che il rapporto di onde stazionarie (standing wave ratio), che è una misura delle variazioni dell'impedenza di entrata dell'antenna, è stato contenuto entro limiti ristretti per un'estesa gamma di frequenza.

In regioni pianeggianti sarà spesso possibile far coincidere l'ubicazione di un trasmettitore a onda metrica con quella di un trasmettitore a onda media.

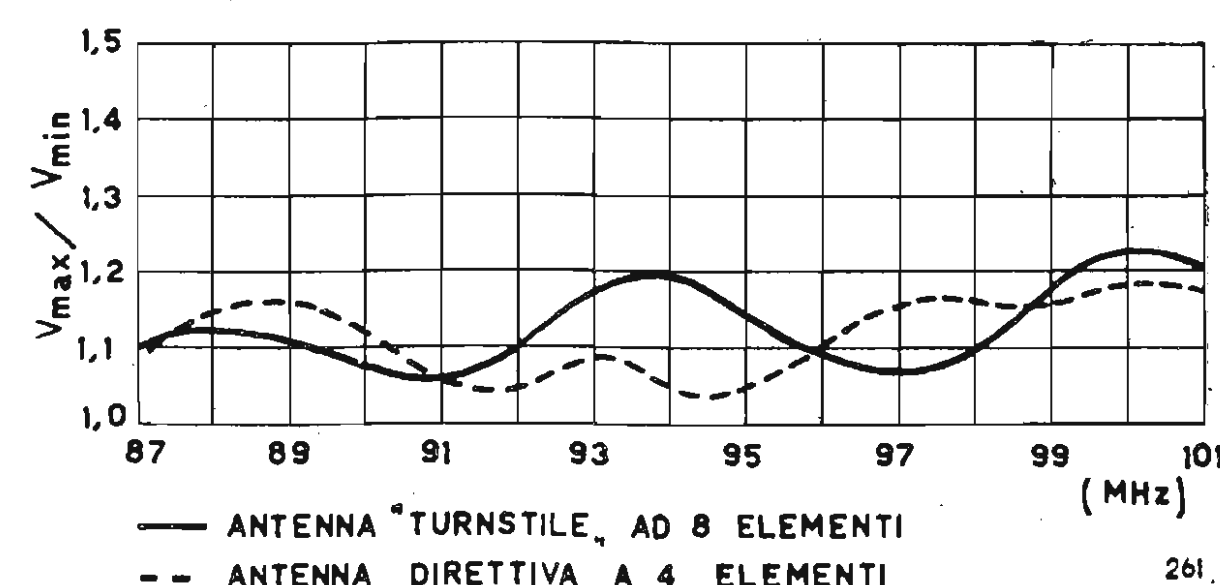



Fig. 11. — Rapporto di onde stazionarie in antenne per onde metriche.

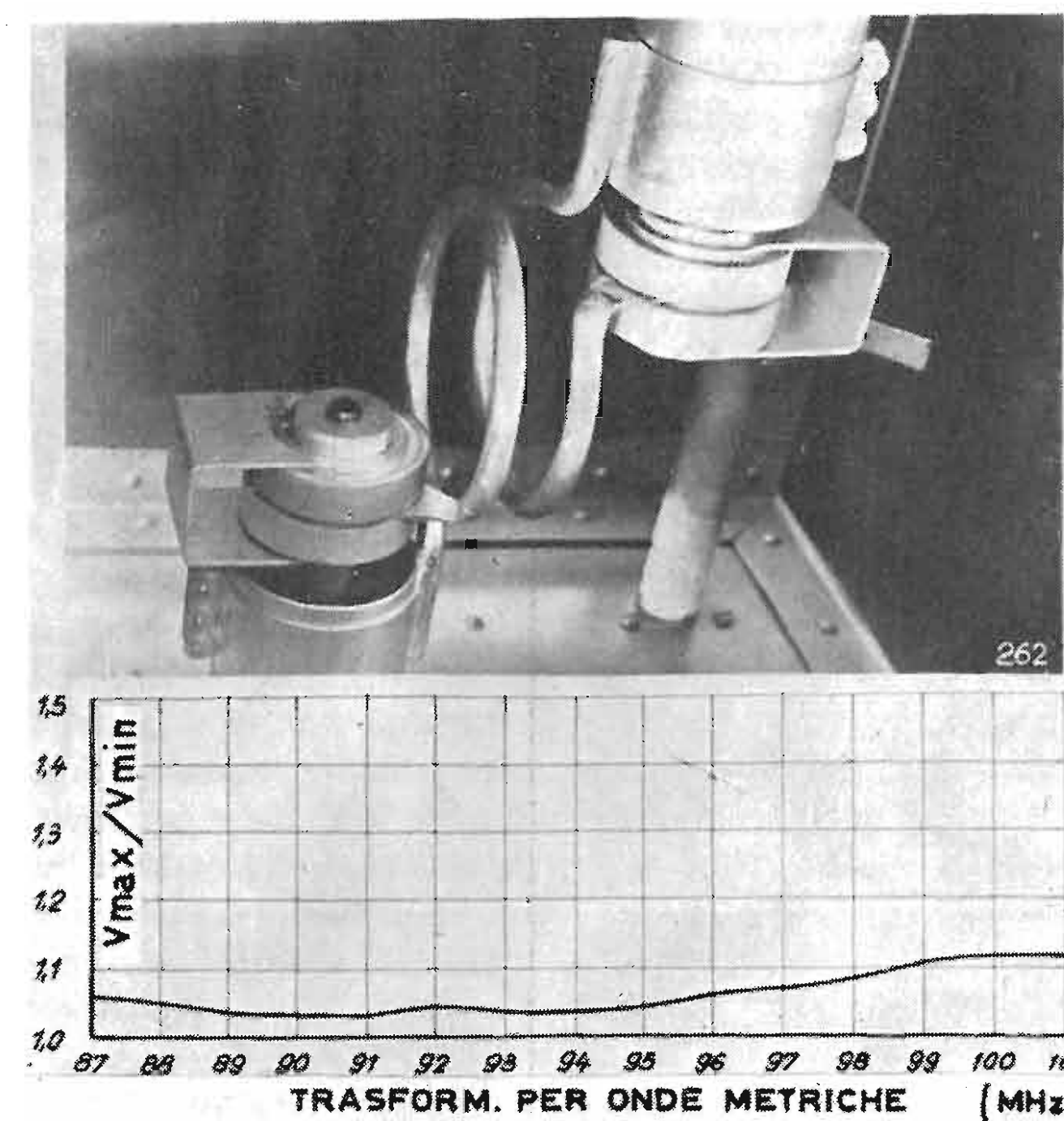



Fig. 12. — Trasformatore per onde metriche.

In questo caso l'antenna di quest'ultimo può servire da sostegno per l'antenna a onda metrica. Quando la prima antenna, come oggi avviene nella maggior parte dei casi, è autoirradiante, nasce il problema di condurre sulla stessa, che già porta l'elevata tensione dovuta all'onda media, l'energia del trasmettitore a onda metrica. La separazione delle due tensioni è fatta mediante un trasformatore per onde metriche, come quello della figura 12. Questo esemplare è proporzionato per trasmettere la potenza a onda metrica di 10 kW, nella gamma 87 ÷ 96 MHz, e per isolare una tensione ad onda media di 10 000 V. Il rapporto di onde stazionarie in tutta la gamma suddetta differisce poco da 1, il che vuol dire che l'impedenza di entrata, nella gamma stessa, è stata resa pressochè costante. Infine, il rendimento del trasformatore, in tutta la gamma, è del 96 %.

La possibilità di concentrare a fascio, in direzioni assegnate, l'energia emessa dall'antenna viene molte volte sfruttata per assicurare il servizio in determinate zone. Così per esempio in Baviera, ai margini delle Alpi, è stata installata una serie di trasmettitori che naturalmente hanno bisogno di irradiare in una sola direzione. In questi casi si adoperano antenne direttive di cui la figura 13 dà un esempio. Si tratta di un'antenna a 8 elementi, con guadagno di potenza uguale a 25, come quella che è ora adoperata dal trasmettitore sul Wendelstein.

La seconda curva della figura 11 mostra come anche per siffatte antenne direttive si sia riusciti a mantenere costante l'impedenza di entrata in tutta la gamma da 87 a 100 MHz. Il rapporto di onde stazionarie è minore di 1,2.

I radiatori si possono riscaldare elettricamente per evitare la formazione di ghiaccio. Dalla figura 14 si può vedere cosa avviene quando il riscaldamento non funziona. La formazione di ghiaccio non altera di molto nè l'impedenza di entrata nè le caratteristiche di radiazione dell'antenna; naturalmente, però, essa comporta, dal punto di vista meccanico, una sollecitazione importante. In particolare aumenta la superficie soggetta alla spinta del vento e perciò la formazione di ghiaccio deve essere evitata mediante il riscaldamento.

5. Distribuzione dei trasmettitori e loro collegamento.

Abbiamo così esaminato tutti i punti più importanti che occorre tener presenti quando si vuol servire una regione relativamente grande. Una stima dell'area di servizio di un trasmettitore si può fare calcolando la propagazione su terreno piano. Come limite dell'area si può considerare la linea ove il campo assume il valore di 1 mV/m. Supposto che le altezze delle antenne trasmittente e ricevente siano, rispettivamente, $h_1 = 100$ m e $h_2 = 10$ m, che il guadagno dell'antenna sia $G = 6$ e la lunghezza d'onda $\lambda = 3$ m, si ottengono i seguenti raggi dell'area di servizio:

potenza del trasmettitore (kW)	0,25	1	3	10
raggio dell'area di servizio (km)	33	45	61	82

L'assunzione del contorno di 1 mV/m come limite dell'area di servizio è cautelativa, se si considera la sensibilità normale dei ricevitori. La sensibilità media di una comune supereterodina, per cui il limitatore agisce a fondo, è all'incirca compresa fra 100 e 500 μV/m. Questo era lo stato della tecnica due anni fa. Oggi esistono apparecchi di pregio per cui bastano 10 μV.

Da questo si ha un riferimento per la densità che deve avere la rete dei trasmettitori. La distanza fra due trasmettitori può essere di circa 150 km; ma se le antenne sono più alte, questa distanza può essere anche maggiore.

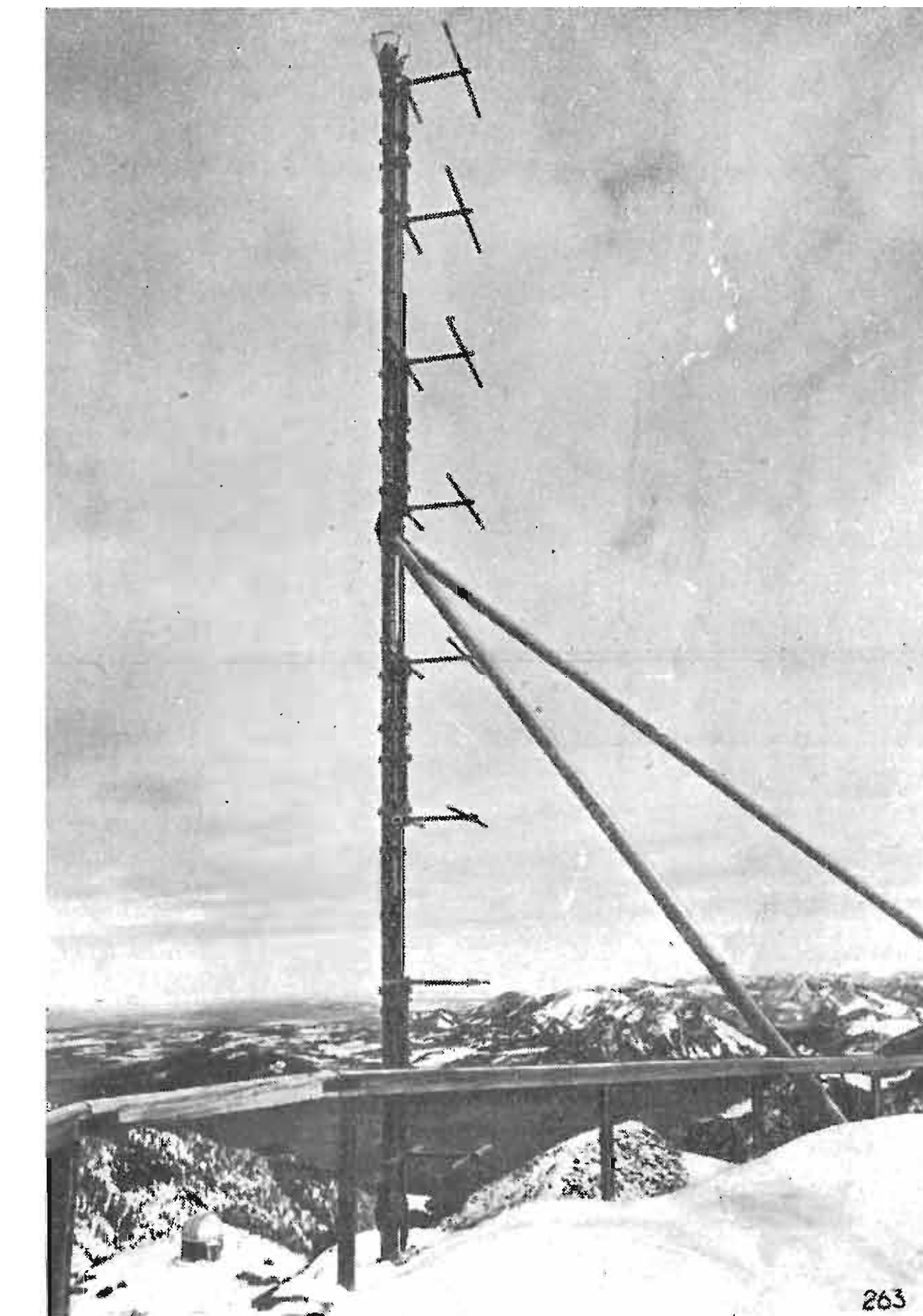



Fig. 13. — Antenna direttiva a 8 elementi.

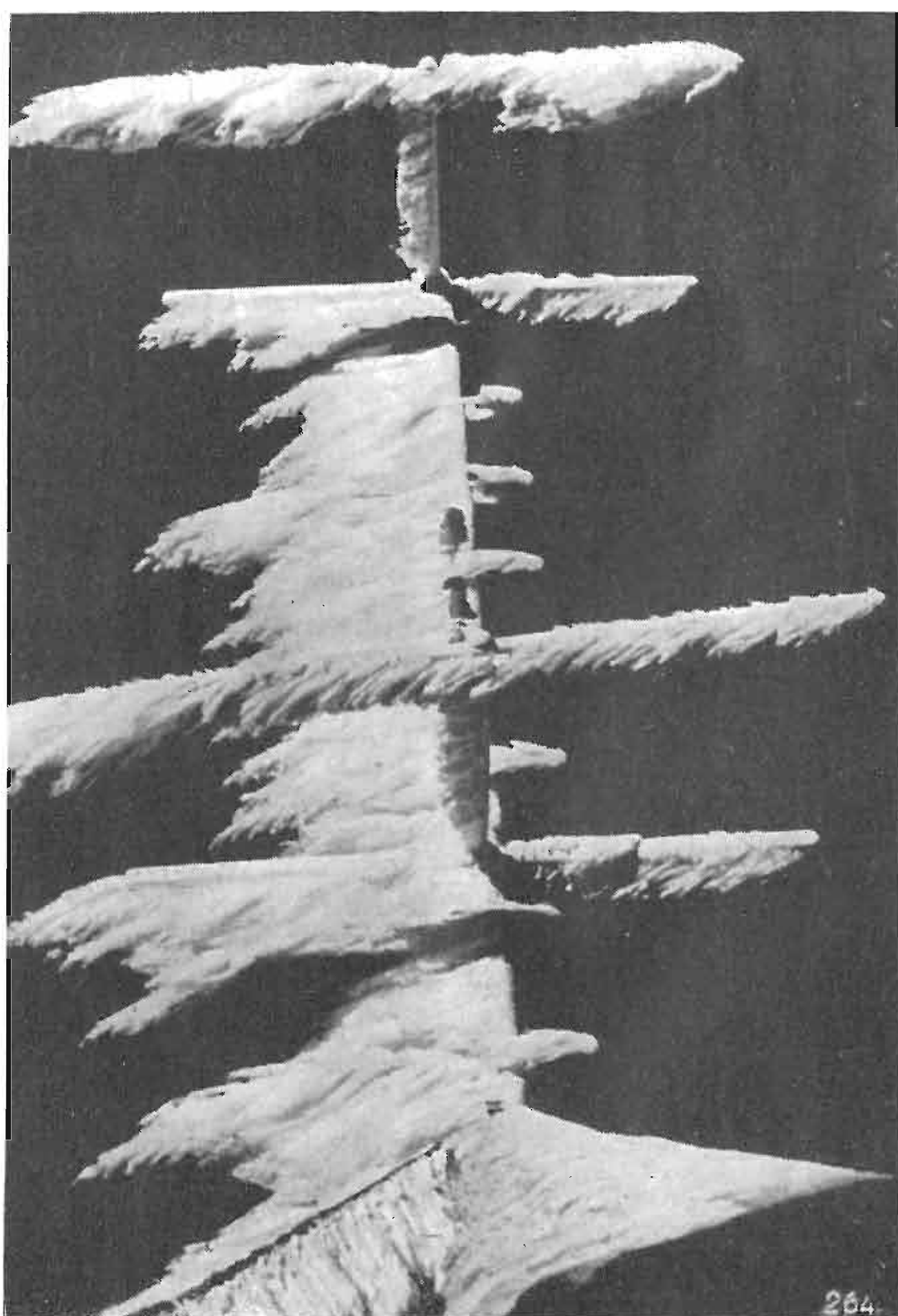



Fig. 14. — Antenna direttiva ghiacciata.

Per la distanza fra le frequenze portanti, la cosidetta separazione dei canali, negli Stati Uniti si è scelto il valore di 200 kHz, mentre in Germania si è adottato quello di 400 kHz. Si è tenuto in ciò conto dell'opportunità di assicurare la ricezione anche con ricevitori del tipo più semplice, evitando anche in questi in modo sicuro la diafonìa fra trasmettitori vicini.

A quale distanza da un dato trasmettitore si può ora utilizzare la sua stessa frequenza portante? Abbiamo già visto che si può ascoltare in modo comprensibile un trasmettitore modulato di frequenza là dove il suo campo è solo un po' più forte di quello di un altro che funzioni con la stessa portante. Si ha una buona ricezione priva di disturbi dove il rapporto fra i campi è superiore a 3 : 1 o meglio a 10 : 1. Quindi in certi casi si può, senza timore di disturbi, assegnare la stessa frequenza di un dato trasmettitore al trasmettitore successivo a quello ad esso adiacente.

In verità occorre a questo riguardo tener presente le esigenze del cosidetto « Ballempfang ». Si chiama *Ballempfang* o *Ballbetrieb* un metodo di trasmissione della modulazione ai trasmettitori che consiste nel ricevere e ritrasmettere « come una palla » l'emissione di un altro trasmettitore.

Vi sono vari motivi che consigliano di ricorrere a questo metodo. Noi desideriamo trasmettere una gamma di frequenze acustiche estesa sino a 15 kHz. La costruzione di un cavo che risponda a questo requisito non è certamente, oggi, un problema insoluto e basta ricordare, a questo proposito, i sistemi di utilizzazione multipla dei cavi, a frequenza vettrice. In pratica, però, per scopi radiofonici si dispone di troppo pochi cavi adatti, con amplificatori intermedi, ecc. che abbiano questa frequenza limite. Nella scelta dell'ubicazione dei trasmettitori a onda cortissima si deve, come è noto, tener conto della topografia del terreno ed i monti o le colline scelte sono spesso appartati dalle grandi vie di comunicazione e non vi giunge, non diciamo un cavo musicale, ma nemmeno una linea telefonica. Un cavo musicale può essere posato solo con grande dispendio e quindi la questione economica va tenuta in genere presente nel pesare i pro e i contro del « Ballbetrieb ».

Il costo di installazione di un impianto ricevente è in ogni caso tollerabile e quello del suo esercizio è del tutto trascurabile. Per la ricezione si adopera un'antenna direttiva che sovente è del tipo Yagi a due piani. Si vorrà possibilmente impiantare l'antenna nelle immediate vicinanze del trasmettitore, cosicchè essa viene a trovarsi nel forte campo di questo. Spesso sarà possibile fissare l'antenna ricevente sullo stesso palo o torre di sostegno dell'antenna trasmittente. Per tale ragione tutte le antenne di cui abbiamo parlato sono costruite in modo che il diagramma di irradiazione presenti uno zero nella direzione del palo di sostegno.

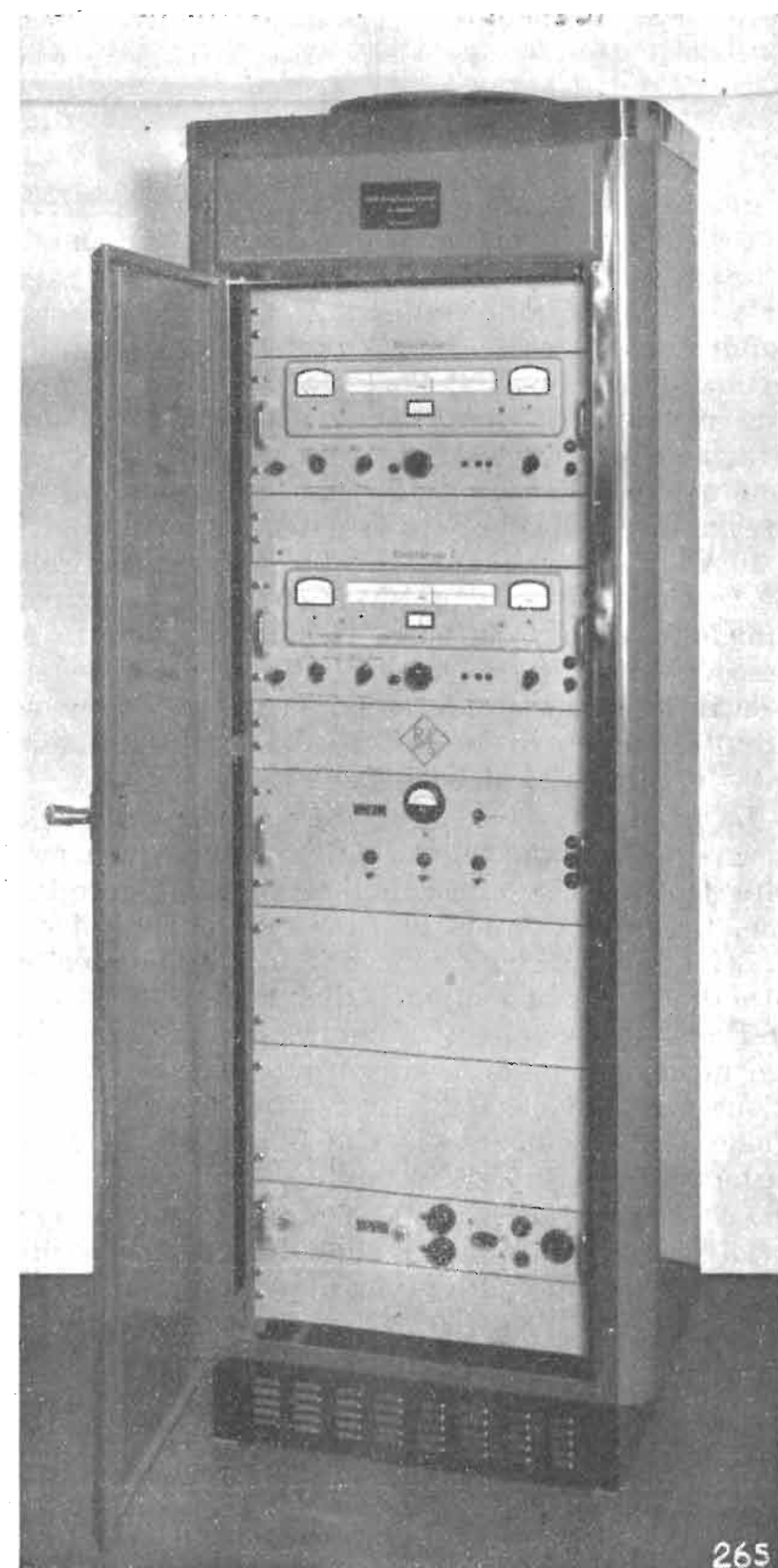



Fig. 15. — Telaio per Ballempfänger.

La frequenza da ricevere non deve dunque essere troppo vicina a quella del trasmettitore locale. In Germania si è convenuto che la separazione di frequenza di due trasmettitori adiacenti sia di almeno 2 canali, cioè di 800 kHz. Pur tuttavia presso i trasmettitori potenti è necessario munire il ricevitore di un filtro di arresto, che protegga sicuramente il circuito di entrata dai danni che potrebbe causare la forte tensione indotta dal trasmettitore.

Nel collegamento a mezzo di ricevitori relè, bisogna fare speciale attenzione agli altri trasmettitori che oltre quello desiderato utilizzano la frequenza ricevuta. Poichè l'antenna ricevente è vicina al trasmettitore da alimentare, situato sempre in località elevata, essa si trova sempre in condizioni di ricezione favorevoli. Per esempio, la suscettibilità ai disturbi in occasione di aumento della portata dovuta a fatti troposferici, risulta relativamente grande. Questo pericolo viene facilmente limitato adottando un'antenna ricevente direttiva. Si può ottenere una grande concentrazione orizzontale con una spesa relativamente esigua. Solo quando il trasmettitore disturbante è situato sulla retta congiungente il trasmettitore desiderato con l'antenna ricevente, nessun accorgimento più giova. Nello studio del piano della rete, siffatti casi devono essere evitati.

Il telaio per ricevitori relè della figura 15 contiene due ricevitori a commutazione automatica; precisamente viene di volta in volta collegato alla linea di modulazione il ricevitore su cui è maggiore la tensione all'entrata. Le antenne dei due ricevitori possono essere dirette verso lo stesso trasmettitore oppure possono servire a ricevere due trasmettitori diversi della rete. Nel secondo caso si ha una riserva particolarmente efficace.

La selettività di questi ricevitori è così definita, in armonia alle esigenze del Ballempfang. Se il ricevitore viene accordato per ricevere un trasmettitore con una deviazione di livello costante $\Delta f = 40$ kHz, il livello del rumore nella linea di modulazione risulta inferiore di almeno 70 dB. Un trasmettitore disturbatore a distanza di un canale, 400 kHz, modulato a sua volta con la deviazione massima di 75 kHz, non deve fare aumentare il livello del rumore di più di 6 dB. Ne risulta un livello di rumore di — 64 dB. Nel ricevitore rappresentato nella figura, questa condizione è soddisfatta quando il campo del trasmettitore disturbante è 50 volte quello del trasmettitore utile. Un trasmettitore disturbante con una separazione di 800 kHz può dare una tensione all'entrata di 1 V senza che varino le condizioni per il trasmettitore utile. Si deve porre tale restrizione solo in considerazione dalla non linearità degli stadi di entrata.

In definitiva, del sistema di collegamento con ricevitori relè si può dire che con esso, e con i mezzi di cui abbiamo parlato, si ottiene generalmente la qualità di modulazione più elevata oggi tecnicamente raggiungibile. Il sistema è il mezzo predominante adoperato per collegare fra loro i trasmettitori della Germania meridionale.

6. Trasmettitori a onde metriche.

Il sistema di radiodiffusione tedesco ad onde metriche per il primo programma è stato ormai quasi portato a compimento. La costruzione è durata appena 3 anni. Vorrei qui ricordare che la prima stazione del genere è stata inaugurata dal Bayerischer Rundfunk il 28 febbraio 1949. Trasmettitore e antenna furono costruiti dalla ditta Rohde & Schwarz.

Lo sviluppo tecnico fu favorito dal fatto che la costruzione della nuova rete si svolse secondo un piano prestabilito. Per esempio, sin dal principio ci si accordò sull'adozione di 4 sole potenze utili per i trasmettitori: 250 W, 1 kW, 3 kW e 10 kW. Il trasmettitore da 10 kW che si vede nella figura 16, comprende nella parte sinistra dell'armadio un trasmettitore completo da 250 W, che funziona qui come eccitatore e che nel principio poco differisce dal primo trasmettitore adoperato a München-Freimann. Una caratteristica costruttiva notevole di tale trasmettitore è che esso è un apparato montato completamente in fabbrica, che sul luogo di installazione richiede solo l'attacco alle linee di alimentazione, di modulazione e di antenna. Questa concezione è stata attuata per tutti i trasmettitori, fino a quelli da 10 kW compresi.

Precedentemente, nella costruzione dei trasmettitori, si usava spesso compiere una notevole parte

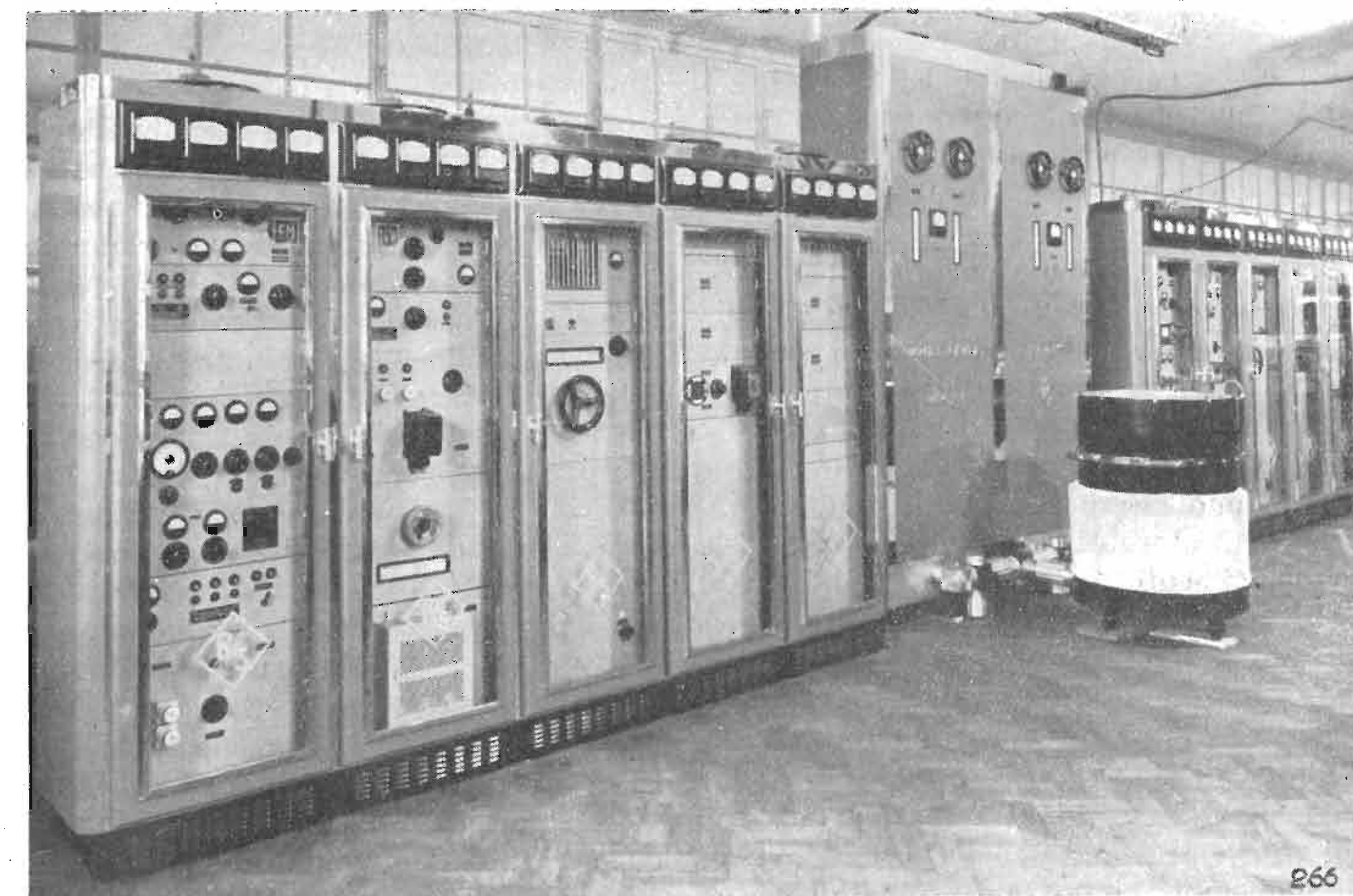



Fig. 16. — Stazione per due programmi - 2 × 10 kW.

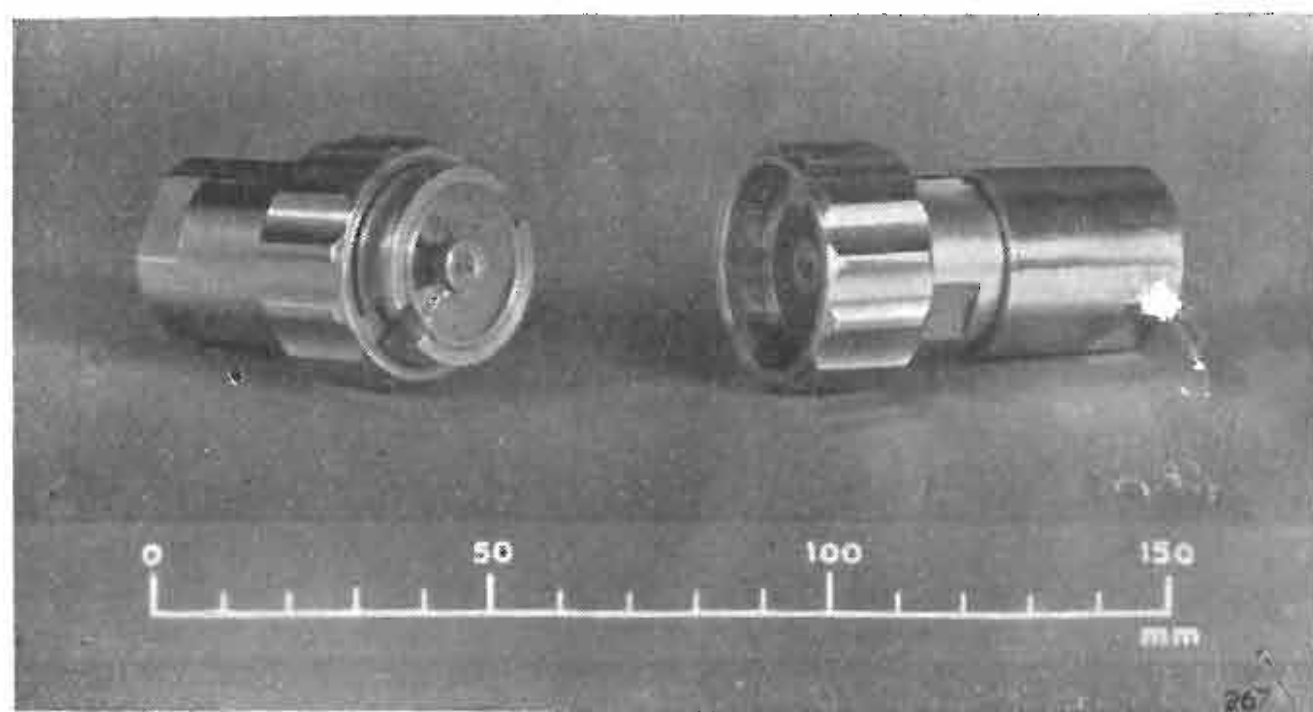



Fig. 17. — Innesto Dezifix B.

del lavoro di finitura sul luogo di installazione. Tali impianti venivano costruiti in certo modo come edifici. Nel nostro caso invece, abbiamo a che fare con apparecchi finiti. Il trasmettitore è sistemato in un armadio, provvisto di porte anteriori e posteriori. Attraverso queste ultime si accede a tutte le parti componenti e si procede, per esempio, al cambio dei tubi. I trasmettitori sono divisi in scomparti parziali costruiti in forma di cassetti estraibili che vengono tolti per il trasporto e poi infilati di nuovo negli armadi nel luogo di installazione. Quando si infilano i cassetti si stabiliscono automaticamente i contatti elettrici attraverso linguette di ottone. Cuore del trasmettitore è il cosidetto trasmettitore eccitatore costituito a sua volta da uno stadio oscillatore, per la gamma 87 ÷ 108 MHz, e da alcuni stadi moltiplicatori. Tutti i comandi di sintonia — riferiti alla frequenza finale — sono tarati direttamente in MHz, cosicchè la messa a punto è estremamente semplice.

Il trasmettitore eccitatore comprende un amplificatore di modulazione, nel quale ha luogo la pre-accentuazione, ed un misuratore di tensioni di cresta per la misura dei picchi di modulazione. Questo eccitatore è munito di un complesso di alimentatori che forniscono le tensioni di accensione, di placca e di griglia, alcune delle quali sono regolate automaticamente al ± 0,1% per variazioni della tensione di rete fra 180 e 230 volt. Per mantenere costante la frequenza portante si adopera un regolatore di frequenza nel quale la portante viene confrontata con la frequenza di un oscillatore a quarzo e riportata automaticamente, quando varia, al suo valore nominale. La precisione di regolazione è superiore a ± 1000 Hz (bibl. 10).

Poichè nella modulazione di frequenza si modula in uno degli stadi iniziali, agli stadi di potenza si può applicare assai spinto il principio di costruzione a « blocchi ». Il trasmettitore da 250 W di cui abbiamo parlato può essere senz'altro ampliato a 1 kW con un amplificatore di tale potenza situato in un secondo scompartimento dell'armadio. Nella figura 16 un siffatto trasmettitore da 1 kW, qui adoperato come eccitatore di uno stadio finale da 10 kW, occupa i primi due scomparti. Il trasmettitore da 250 W può servire, nello stesso modo, come eccitatore per uno stadio finale di 3 kW.

Per produrre le alte tensioni di alimentazione dei tubi amplificatori del trasmettitore di figura 16 si adoperano esclusivamente raddrizzatori a secco. L'impiego di questi è particolarmente conveniente, specialmente per la struttura dei dispositivi per il funzionamento automatico. Si risparmiano in particolare quelli occorrenti per il preriscaldamento dei catodi dei raddrizzatori a catodo caldo, che danno molto fastidio per gli accorgimenti che per essi sono richiesti nella configurazione degli automatismi. Basta pensare, per esempio, alla riaccensione dopo una interruzione di corrente. È da notare piuttosto che il prezzo di un trasmettitore equipaggiato con raddrizzatori a secco è soltanto dell'1% circa più elevato di quello di un trasmettitore con raddrizzatori termoionici, mentre, con l'impiego di raddrizzatori a secco moderni, con limite di tensione inversa di 30 V, l'ingombro non è maggiore. Pertanto i risultati di esercizio dei raddrizzatori a secco sono molto favorevoli.

Nello stadio finale di potenza del trasmettitore da 250 W è impiegato un tetrodo; per gli stadi finali da 1 kW in su si impiegano invece triodi con griglia a terra. In ciascuno stadio si adopera un solo tubo, d'onde una struttura molto semplice delle parti a radiofrequenza. È considerata una cosa ovvia che le scale di frequenza siano tarate in MHz, affinchè sia possibile cambiare la frequenza del trasmettitore in due minuti, complessivamente.

Le alimentazioni e gli automatismi dell'amplificatore di potenza occupano invece uno spazio relativamente considerevole. Per il trasmettitore da 10 kW della figura 16 occorre a questo scopo un doppio armadio. Le dimensioni spaziali sono dunque grosse il doppio di quelle della parte a radiofrequenza. Anche qui i singoli apparati, compreso il trasformatore ad alta tensione da 6000 V e 2,5 A, sono costruiti in forma estraibile, i comparti scorrevoli essendo proporzionati ai loro pesi relativamente elevati. Il trasformatore suddetto, per esempio, corre su rulli, cosicchè può essere rimosso da un solo uomo senza grande sforzo. Per effetto dell'applicazione conseguente di tale principio costruttivo è possibile installare un trasmettitore del genere in poche ore. Non si devono saldare i collegamenti tra i vari scomparti; essi sono del tipo ad innesto e, in alcuni casi, a vite.

I due trasmettitori da 10 kW della figura 16 costituiscono una stazione a doppio programma. I trasmettitori, che funzionano naturalmente con frequenze diverse, alimentano una sola antenna con una sola linea a radiofrequenza attraverso l'armadio-filtri che si vede in mezzo ai trasmettitori e che impedisce che essi si influenzino mutuamente. Ciascun filtro trasmette la potenza del trasmettitore ad esso associato con un'attenuazione minore di 0,1 Neper e, in senso contrario, arresta la frequenza dell'altro con un'attenuazione maggiore di 5 Neper. A prescindere dalle difficoltà che spesso si incontrano per l'installazione di una seconda antenna, il sistema consente l'economia di un'antenna e di un feeder.

I collegamenti a radiofrequenza fra i trasmettitori ed i filtri e fra questi e l'antenna sono fatti con cavi coassiali. Per terminare tali cavi si adoperano certi giunti coassiali ad innesto che sono diventati noti sotto il nome di *Dezifix* e che sono stati adottati in Germania come normali per usi radiofonici (fig. 17). Vogliamo mettere in evidenza alcuni particolari essenziali di questi giunti. Le due parti da collegare sono

uguali: non vi è un maschio e una femmina; vi è soltanto un cosiddetto innesto a corsa breve; il che vuol dire che per eseguire il collegamento non è necessario un movimento di scorrimento, cosa questa specialmente importante quando si ha da fare con cavi grossi e rigidi. Il contatto sul conduttore interno è un puro contatto a pressione stabilito mediante un cappuccio a molla; il collegamento è fatto con una filettatura a passo allargato e basta un quarto di giro della vite madre per chiudere l'innesto. Questi giunti sono costruiti in modo tale da non dare luogo a riflessioni sino a 2000 MHz. Quelli aventi le dimensioni indicate nella figura 17 sono proporzionati per la potenza di 1 kW a 100 MHz. Lo stesso principio si segue per giunti a innesto per potenze maggiori; tali giunti sono stati provati per 20 kW a 100 MHz senza che si siano manifestati riscaldamenti inammissibili; in particolare non si è verificato alcun cambiamento visibile sul conduttore interno.

7. Conclusione.

Le considerazioni precedenti vertono sulla tecnica della radiodiffusione a onde metriche e sulle sue premesse. Esse trattano della propagazione di tali onde, delle antenne e dei trasmettitori che per esse si impiegano. Sia concesso dire ancora qualche parola sul posto che a tale sistema compete nel quadro generale della tecnica delle radiodiffusioni. In Germania l'introduzione della radiodiffusione a onde metriche è strettamente legata al piano di Copenaghen. In virtù di questo piano, nessun grande trasmettitore tedesco gode più di onda esclusiva e ciascuna frequenza è utilizzata da più di un trasmettitore. Il risultato pratico è che nelle ore serali, radiofonicamente le più importanti, non si ha, in molti casi, un ascolto indisturbato del trasmettitore locale. Per questo motivo, già prima che il piano di Copenaghen entrasse in vigore, si è avuta la precauzione di avviare a compimento la rete dei trasmettitori a onde metriche. Effettivamente le radiodiffusioni a onde metriche sono le sole che danno ad un certo numero di ascoltatori la possibilità di ricevere senza disturbi il loro trasmettitore locale.

L'introduzione del sistema è dunque la conseguenza di uno stato di necessità; tuttavia, nel frattempo, larghi strati della popolazione hanno riconosciuto le possibilità offerte dalla radiodiffusione con onde cortissime. Anche se da un momento all'altro divenisse possibile una ricezione molto buona a onde medie, la radiodiffusione M. F. conserverebbe sempre la sua ragione di esistere. La fedeltà di riproduzione che si può ottenere con tali onde modulate di frequenza è maggiore di quella che, nei casi più favorevoli, può offrire la radiodiffusione a onde medie. Inoltre l'immunità dai disturbi e la possibilità di eliminarli è una caratteristica così essenziale di questo sistema che da sola basterebbe a giustificarne l'introduzione nelle grandi città. Con l'adozione di antenne che concentrano in fascio l'energia, la *copertura* di una regione assegnata, e quindi il servizio per un numero assegnato di ascoltatori, può essere raggiunto in maniera più economica che con le onde medie e lunghe.

La radiodiffusione a onde metriche è in certo modo un passo in avanti nella evoluzione della radiodiffusione e con tutta probabilità sarà in generale il sistema dell'avvenire per il servizio locale.

(97)

BIBLIOGRAFIA

1 - GROSSKOPF J.: *Ultra Kurzwellenausbreitung im Bereich von 30 ..... 100 MHz*, « FTZ », IV, 1951, S. 411 ... 414 e S. 441 ... 451.

2 - LEHFELDT W.: *Die Ausbreitung der ultrakurzen (quasioptischen) Wellen*, « AEU » (Band 3), 1949, S. 137 ... 142, S. 183 ... 186, S. 221 ... 228, S. 305 ... 312, S. 339 ... 346.

3 - HUND A.: *Frequency Modulation*, « Mc Graw Hill Book Co, New York », 1942.

4 - GUETTINGER P.: *Frequenzmodulation*, « Zurich », 1947.

5 - *Technische Hausmitteilungen des NWDR*, III, 1951, S. 24 ... 25, Ultrakurzwellen-Versorgung in der Bundesrepublik.

6 - NITSCHE H.: *Eine Typenreihe moderner UKW-Sender*, « Elektro Post », IV, 1951, S. 276 ... 279.

7 - GREIF R.: *UKW - Sende- und Empfangs-Antennen*, « Elektro Post », IV, 1951, S. 279 ... 284.

8 - NITSCHE H.: *HF-Steckverbindungen*, « FTZ », IV, 1951, S. 97 ... S. 102.

9 - ROHDE L. BURCK W.: *UKW Empfang im Auto radio mentor*, 1951 (Heft 9), S. 446.

10 - ROHDE L., NITSCHE H E PFEFFERL A.: *Ein frequenzmodulierter 250 W-Sender*, « ETZ », 1949 (Heft 10/11), S. 338 ... 343.

UN DIVISORE SINUSOIDALE DI FREQUENZA

DOTT. ING. ROLANDO SALVADORINI
della R.A.I.

SOMMARIO - Dopo qualche considerazione introduttiva sul problema della divisione di frequenza, si descrive un nuovo circuito molto semplice con rapporto di divisione 2 a 1. La descrizione è corredata da un rilievo sperimentale e da uno schema di divisore a tre stadi.

1. Generalità.

La divisione di frequenza è divenuta ormai pratica normale in tutti i rami della tecnica elettronica. Essa consente, insieme alla moltiplicazione di frequenza, di disporre di tensioni aventi frequenze legate rigorosamente fra loro secondo rapporti ben determinati e fissi.

Nella radiodiffusione, per esempio, queste due operazioni consentono il comando, a mezzo di un unico generatore di altissima stabilità di frequenza, di molti trasmettitori funzionanti anche su frequenze diverse.

La necessità che la frequenza dei singoli trasmettitori sia, non solo molto stabile, ma anche di valore ben precisato in riferimento a quello delle altre stazioni, deriva dal grande numero di trasmissioni contenute nelle varie gamme di frequenza entro canali molto ravvicinati fra loro.

I divisori di frequenza possono essere suddivisi in due categorie: divisori non sinusoidali e divisori sinusoidali. Ai primi appartengono i multivibratori sincronizzati, i quali hanno il loro campo di funzionamento ottimo esteso dalle frequenze più basse fino a circa 1 MHz. Essi, in assenza di tensione sincronizzante, forniscono per lo più ancora una tensione la cui frequenza è in genere leggermente inferiore a quella richiesta.

I divisori sinusoidali possono a loro volta dividersi in due categorie: *a*) oscillatori sincronizzati; *b*) reti attive comandate dalla frequenza d'ingresso. Queste ultime offrono la caratteristica di non fornire nessuna tensione di uscita quando viene a mancare la frequenza d'ingresso.

Da un punto di vista generale si può osservare che la sincronizzazione di un oscillatore su una frequenza sottomultipla di quella di un segnale pilota è legata alla presenza di armoniche dell'oscillatore; una di queste si sincronizza sulla frequenza del segnale pilota e costringe così l'oscillatore a funzionare sulla frequenza sottomultipla desiderata. Di conseguenza gli oscillatori più ricchi di armoniche, benchè meno stabili di frequenza, si « agganciano » più facilmente alla frequenza pilota.

I divisori sinusoidali si prestano bene per le frequenze medie ed elevate e sono pertanto in un certo senso complementari ai multivibratori sincronizzati. Inoltre l'assenza di tensione di uscita allorchè la tensione pilota viene a mancare può essere molto vantaggiosa per taluni scopi; tale proprietà può essere facilmente conseguita con i divisori sinusoidali.

È appunto di un divisore sinusoidale di tale tipo di cui ci si vuole occupare in questa nota.

2. Circuito del divisore.

Un divisore di frequenza che per molti aspetti si può far risalire sia ai tipi di reti attive descritte da Miller (bibl. 2), sia agli oscillatori sincronizzati, è quello schematizzato in figura 1. Esso è un divisore sinusoidale con rapporto di divisione 2 a 1.

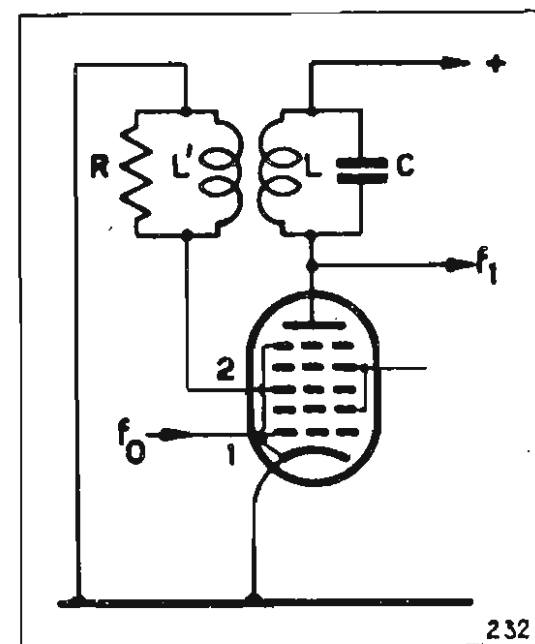



Fig. 1 — Schema di principio del divisore.

Il circuito oscillatorio *LC*, il secondario *L'* e la seconda griglia, costituiscono l'oscillatore. La frequenza sincronizzante f_0 è applicata alla griglia 1. Il circuito oscillatorio è accordato sulla frequenza $f_1 = f_0/2$, il secondario è aperiodico e smorzato dalla resistenza *R*. Alla griglia è conferita una leggera polarizzazione negativa. L'oscillatore è così smorzato che in assenza della tensione d'ingresso è incapace di oscillare.

La tensione pilota di frequenza f_0 dà origine ad un battimento con la tensione di frequenza f_1 presente sulla griglia 2. In conseguenza della non linearità delle caratteristiche (vedi figura 3) si genera, fra le

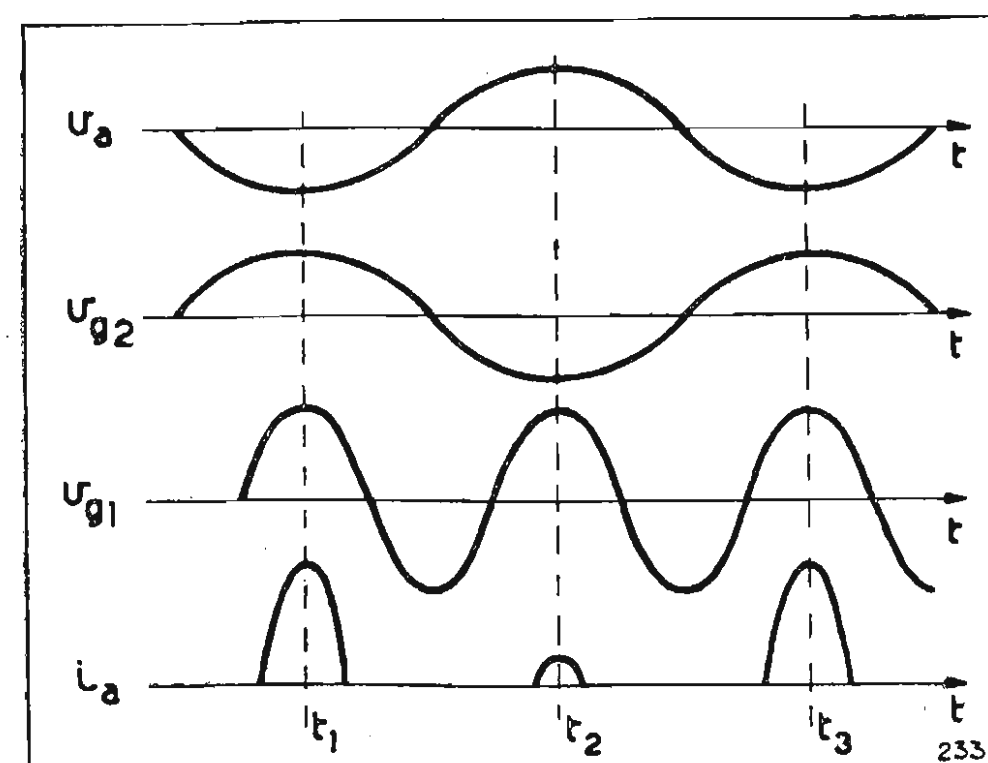



Fig. 2 — Principio di funzionamento del divisore illustrato dall'andamento qualitativo delle tensioni agenti nel tubo e della sua corrente anodica.

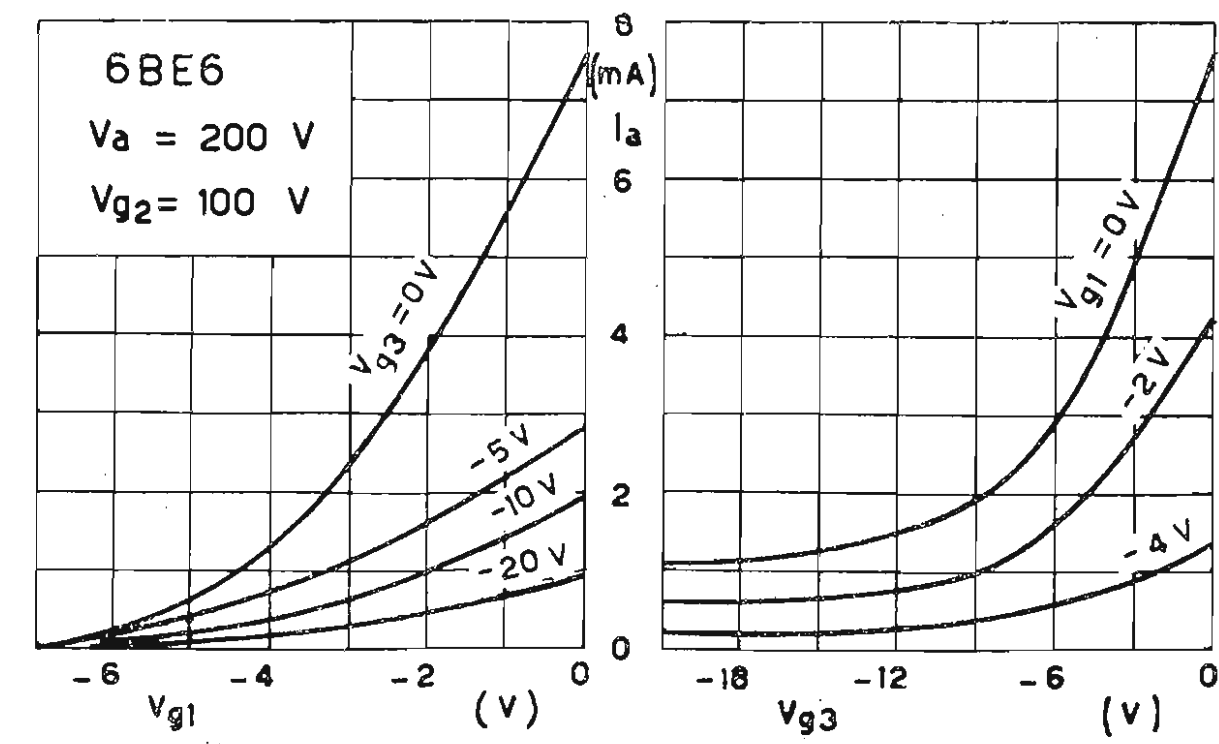



Fig. 3 — Caratteristiche mutue del tubo convertitore 6BE6.

altre, la frequenza differenza: $f_0 - f_1 = 2f_1 - f_1 = f_1$ la quale viene esaltata fino a raggiungere il valore di regime.

All'inizio la tensione di frequenza f_1 è presente sulla griglia 2 come componente dello spettro continuo di frequenza dovuto all'agitazione termica e al transitorio dovuto all'applicazione delle tensioni.

La figura 2 dà un'idea intuita del funzionamento. La tensione anodica alternativa v_a viene riportata, dopo inversione di fase (versi concordi degli avvolgimenti primario e secondario), sulla griglia 2. La corrente anodica i_a dipende da entrambi i potenziali delle griglie 1 e 2, per cui si avranno impulsi di corrente maggiori negli istanti t_1, t_3, e minori negli istanti t_2, t_4 dando luogo ad una componente della corrente anodica di frequenza uguale alla metà di quella di ripetizione degli impulsi f_0.

La figura 4 mostra un diagramma, ricavato sperimentalmente, della tensione di uscita in funzione della frequenza d'ingresso in un divisore col circuito oscillatorio risonante su 170 kHz.

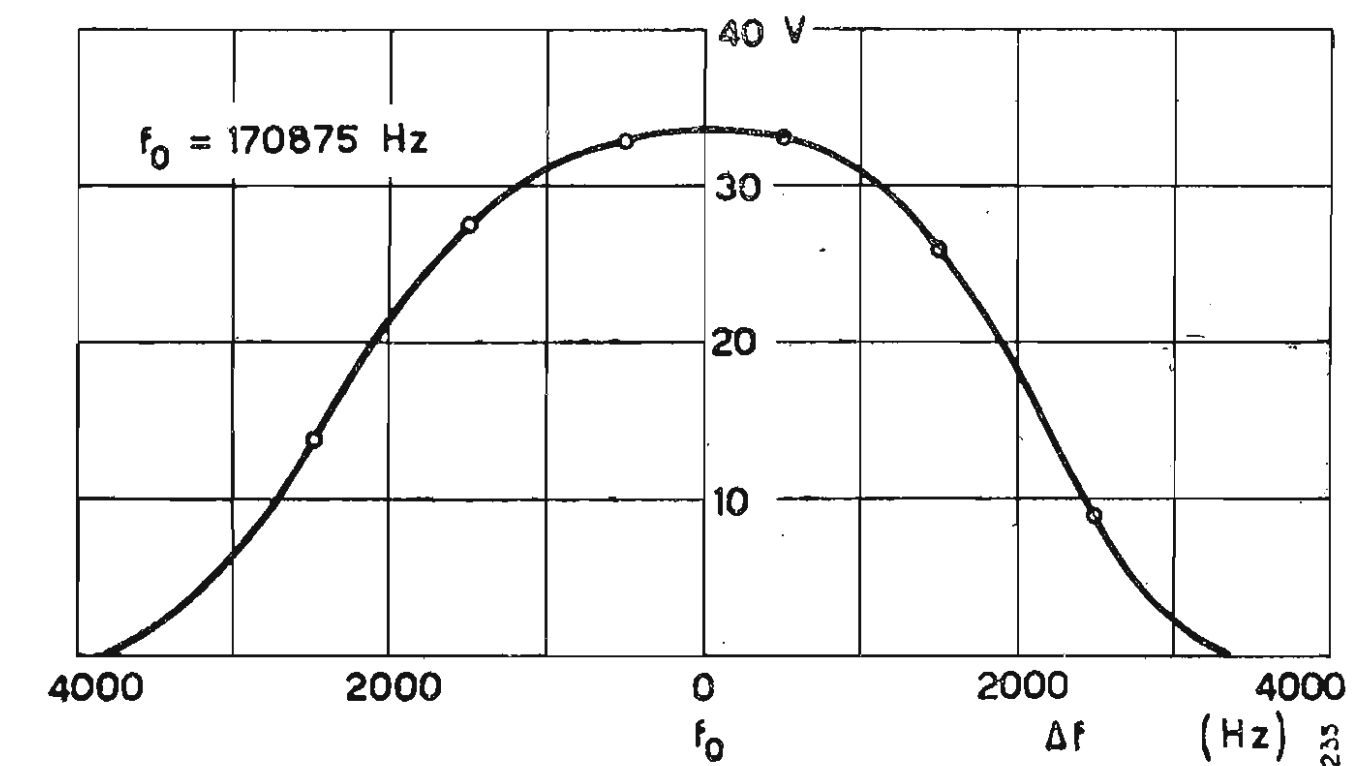



Fig. 4 — Tensione di uscita, riferita allo scarto di frequenza della tensione di ingresso della frequenza di lavoro; nel caso considerato tale tensione si annulla allorchè lo scarto suddetto assume valori superiori a 4 kHz.

La figura 5 mostra lo schema di un divisore con rapporto 8 a 1 formato da tre stadi del tipo ora descritto. Le frequenze d'ingresso e di uscita sono rispettivamente 1367 kHz e 170,875 kHz. Le valvole sono convertitrici tipo 6BE6 le cui caratteristiche sono riportate in figura 3.

Questo divisore, nonostante sia fondamentalmente un oscillatore sincronizzato, non ha uscita se viene a mancare l'ingresso, anzi non ha uscita nemmeno se viene applicata la tensione d'ingresso a frequenza diversa da $2f_1$ o, ciò che fa lo stesso, se si spostano le sintonie dei circuiti accordati. Questo divisore si è mostrato molto stabile in fase al variare della tensione anodica e dei filamenti.

(41)

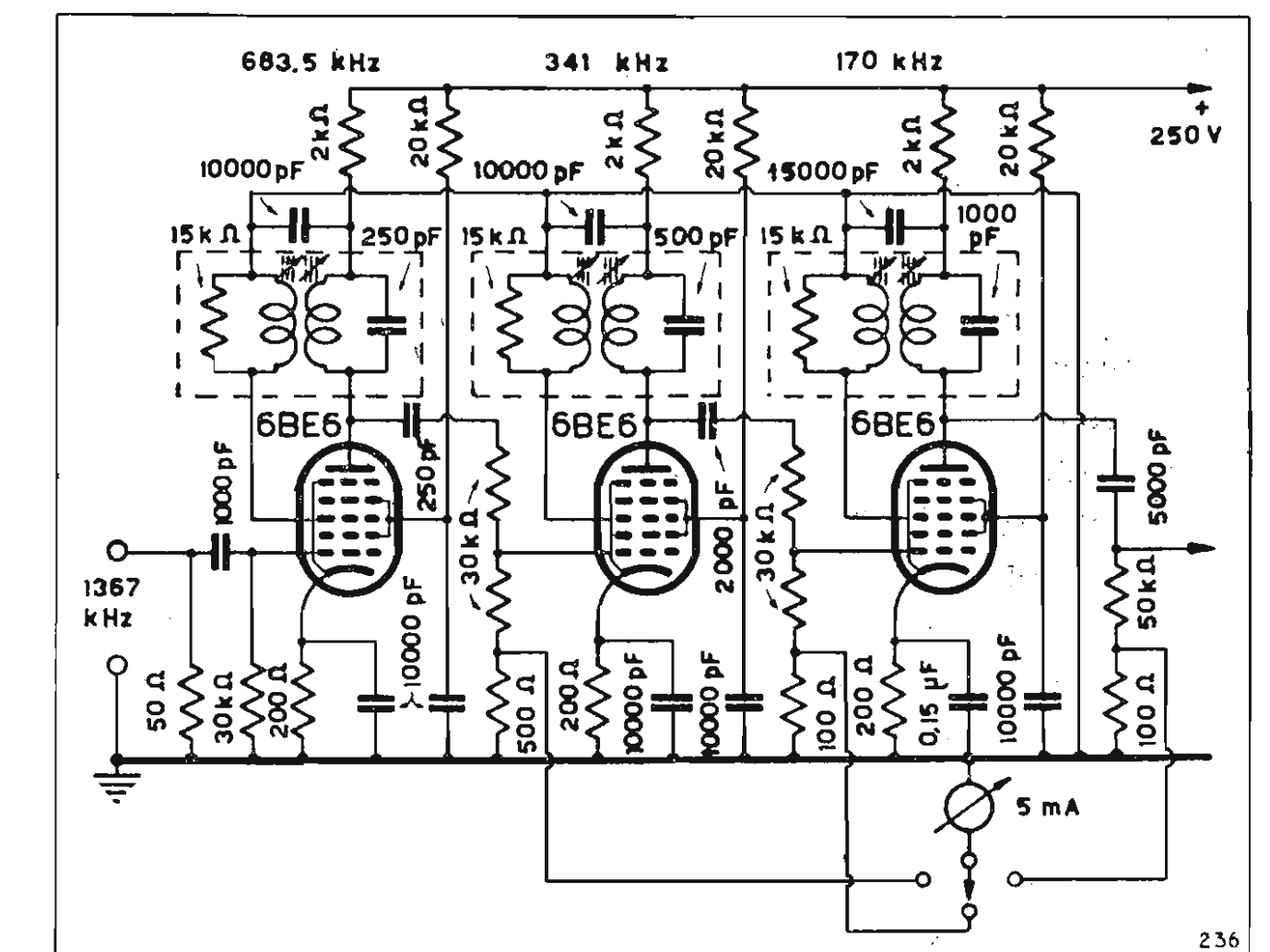



Fig. 5 — Schema di divisore rapporto 8 a 1 composto di tre stadi. Le correnti di griglia permettono di controllare, mediante un milliamperometro, le sintonie dei vari stadi. L'uscita è prevista per collegarsi direttamente alla griglia di un tubo amplificatore.

BIBLIOGRAFIA

1 - *Wave - form*, Vol. 19 « Radiation Laboratory Series ». Cap. 15° e 16°. « Mc Graw Hill », New York, 1949.

2 - MILLER R. L.: *Fractional-Frequency Generators Utilizing Regenerative Modulation*, « Proc. I.R.E. », XXVII, luglio 1939, pag. 446.

3 - BUILDER G.: *A Stabilized Frequency Divider*. « Proc. I.R.E. », XXIX, aprile 1941, pag. 177.

4 - GRONKOWSKI J.: *Frequency Dividers*. « Proc. I.R.E. », XVIII, 1930, pag. 1960.

5 - FORTESCUE R. L.: *Quasi-stable Frequency-dividing Circuits*. « J. Inst. Elec. Eng. », giugno 1939.

6 - TUCKER D. G.: *The Synchronization of Oscillators*. « Electronic Eng. », marzo-aprile-giugno 1943.

NOTIZIARIO INDUSTRIALE

RADAR NAUTICO "SMA„

Il giorno 28 marzo è stato presentato, dalla « SMA » di Firenze, ai tecnici della Marina Mercantile ed alle Autorità cittadine civili e militari il Radar nautico « SMA » CFL/3NP. Si tratta di un Radar di studio, progetto e costruzione interamente italiani avente caratteristiche meccaniche ed elettroniche che lo rendono particolarmente idoneo tanto in alto mare quanto in acque ristrette.

Descriviamo brevemente le diverse parti essenziali che costituiscono il Radar stesso.

Visione radar di Firenze delle officine SMA, con marche a 0,2 miglia. 194

Antenna.

Consta di un riflettore cilindro-parabolico chiuso tra due piani orizzontali costruito in lamiera di alluminio ossidato perforata per ridurre al minimo l'effetto vela. Alla bocca il riflettore è largo 160 cm e alto 12 cm: il diagramma di radiazione orizzontale presenta un angolo di 1°, 6 tra i punti a metà potenza, e lobi secondari trascurabili. Il diagramma verticale ha invece un'apertura di oltre 20°. Tali caratteristiche di radiazione assicurano un elevato potere risolutivo angolare in azimut, e una notevole indipendenza delle osservazioni radar dalle oscillazioni dovute al moto ondoso.

Nel fuoco del riflettore è posto un radiatore collegato al ricetrasmettitore mediante una guida d'onda di dimensioni interne 23×10 mm, completamente stagna.

L'antenna è sostenuta da un piedestallo stagno, in lega leggera, nel quale è installato un motore che fa compiere all'antenna 18-20 rotazioni al minuto. Nel piedestallo trovano pure alloggio il trasmettitore sincrono del moto dell'antenna agli indicatori, il giunto rotante della guida d'onda e, ove richiesto, il dispositivo per riferire i rilevamenti radar alla girobussola.

Il complesso d'antenna può essere fornito insieme ad un traliccio di tubo di acciaio, alto 4 m, incernierato alla base. Con tale montaggio, quando il radar non viene usato, l'antenna può essere abbattuta in coperta insieme al traliccio, allo scopo di migliorare la stabilità della nave.

195

Antenna a riflettore parabolico.

Ricetrasmettitore.

I principali pannelli di questo complesso sono: l'alimentatore stabilizzato delle basse tensioni, il modulatore del magnetron con l'alimentatore alta tensione, il ricevitore ed il controllo automatico di frequenza (C.A.F.).

Il modulatore del magnetron genera impulsi di 1/4 di microsecondo al ritmo di 2000 Hz, ovvero impulsi di 1/2 microsecondo al ritmo di 1000 Hz, a seconda della scala utilizzata dall'indicatore. La cadenza d'impulso può poi essere variata di pochi Hz, a mezzo di un controllo accessibile dall'esterno.

Il pannello del ricevitore contiene un amplificatore di media frequenza (30 MHz) a 6 stadi scalati, con larghezza di banda di 8 MHz. L'operatore può includere un circuito di sensibilità variabile con la distanza per minimizzare gli echi dovuti al mare agitato. Questo amplificatore è seguito da un secondo rivelatore e da due stadi di amplificazione video.

Il pannello del controllo automatico di frequenza comprende un amplificatore di media frequenza a tre stadi scalati, e un discriminatore che controlla un oscillatore a denti di sega agente sull'oscillatore locale.

Il magnetron è del tipo 725A e genera impulsi di oltre 30 kW su 3,2 cm di lun-

Indicatore principale con fiancata rimossa e pannello frontale parzialmente sfilato.

ghezza d'onda. Uno speciale montaggio ne rende agevole il ricambio.

Il circuito a microonde è in guida d'onda e comprende un tubo R. T. e un tubo T. R. tipo 724B, un oscillatore locale tipo 723A/B, e due cristalli convertitori tipo 1N23 che alimentano rispettivamente il ricevitore e il C.A.F.

Nel complesso ricetrasmettitore è incorporato uno strumento che a mezzo di un commutatore permette di controllare rapidamente dall'esterno il funzionamento dei circuiti più importanti, ed un contatore che registra le ore di funzionamento.

INDICATORE PRINCIPALE.

Il complesso dell'indicatore principale è contenuto in una cassetta stagna di fusione in lega leggera.

Gli echi sono presentati su di un tubo a raggi catodici a lunga persistenza, con schermo del diametro di 25 cm inclinato in modo da rendere più comoda la visione. Lo schermo è circondato da una scala azimutale su cui è possibile leggere i rilevamenti per coincidenza degli echi con una traccia ruotabile. Lo schermo è protetto da un disco trasparente che agisce da filtro luminoso per rendere più riposante all'osservatore la visione degli echi.

La rotazione delle bobine deviatrici è assicurata da un ripetitore sincrono all'antenna, rifasato automaticamente mediante microinterruttori. Il centraggio della figura è controllabile con facili comandi. Il rilevamento, vero o relativo, può farsi con la precisione di ± 1°. La direzione della prora può essere indicata da un raggio luminoso.

I circuiti di deviazione e di marca, e l'alimentazione di questi e del tubo oscillografico sono montati in due pannelli facilmente estraibili.

L'indicatore è provvisto di 4 scale, selezionabili mediante commutatore, rispettivamente di raggio 1, 3, 10, 30 miglia nautiche. Ogni scala è provvista di cerchi equidistanti di marca, e di un cerchio a raggio variabile per la misura esatta della distanza che può essere letta direttamente su di un numeratore. L'intervallo fra le marche è nelle 4 scale rispettivamente 0,2 miglia, 0,5 miglia, 2 miglia, 5 miglia.

La precisione telemetrica si aggira intorno al 2% della distanza massima di ogni scala.

L'indicatore principale include anche i vari organi per il comando e il controllo dell'intero apparato, tra cui: l'interruttore generale di attesa e funzionamento, l'interruttore di antenna, il regolatore di sensibilità del ricevitore, il controllo del circuito di attenuazione degli echi del mare, e, ove richiesto, il commutatore dei rilevamenti veri e relativi. Uno sportello con serratura permette di chiudere tutti i comandi più importanti onde sottrarli alle manomissioni durante i periodi di riposo dell'apparato.

INDICATORE RIPETITORE.

Ove richiesto può essere fornito un indicatore ripetitore identico per dimensioni e funzionamento all'indicatore principale, ma non fornito di marca nobile.

ASSERVIMENTO GIRABUSSOLA.

Ove richiesto può essere fornito un dispositivo di asservimento alla girobussola di bordo. Esso è contenuto in una cassetta stagna e comprende il ripetitore della girobussola con cerchio azimutale, un generatore sincrono della tensione differenziale di correzione, e un amplificatore elettronico di tale tensione che controlla il motore a c. c. sito nel basamento dell'antenna.

GRUPPO CONVERTITORE.

Il radar « SMA » tipo CFL3/NP funziona a 115 V c. a. 60 Hz 1,5 kVA.

Per le navi dove esiste solo c. c. viene fornito un gruppo convertitore con avviatore automatico a distanza e regolatore di velocità che mantiene costante entro ± 0,5% tensione e frequenza per tensioni primarie c. c. tra 85 V e 120 V.

RIASSUNTO DELLE CARATTERISTICHE PRINCIPALI.

Alimentazione: 115 c. a., 60 c/s.

Potere risolutivo: in distanza: per impulso lungo: 100 m; per impulso corto: 50 m; in azimut 2°.

Precisione: in distanza: ± 2% della portata massima di ogni scala; in rilevamento: ± 1°.

Distanza minima: per impulso corto: 50 m.

Presentazione dei dati:

tubo panoramico di 25 cm di diametro nell'indicatore principale e nell'indicatore ripetitore;

scale, 1, 3, 10, 30 miglia nautiche.

I rilevamenti veri o relativi si leggono su di una graduazione che circonda lo schermo degli indicatori.

Misura della distanza:

con anelli equidistanti 0,2 - 0,5 - 2 - 5 miglia rispettivamente nella scala 1, 3, 10, 30 miglia nautiche;

con anello di raggio variabile, nel solo indicatore principale, da 0,20 a 3,00 miglia nelle scale 1 e 3 miglia, da 2,0 a 30,0 miglia nelle scale 10 e 30 miglia.

Caratteristiche del trasmettitore:

frequenza: 9375 ± 45 Mc/s;

generatore: magnetron tipo 725A;

linea R.F.: guida d'onda di dimensioni interne 23×10 mm;

potenza d'impulso: oltre 30 kW;

cadenza d'impulso: 1000/2000 Hz;

durata d'impulso: 0,5-0,25 microsecondi.

Caratteristiche del ricevitore:

tipo: Supereterodina;

stadi: 6 mediafrequenza, 4 video;

oscillatore locale: tipo 723A/B;

frequenza centrale mediafreq. 30 MHz;

larghezza di banda: 8 MHz;

convertitore: cristallo 1N23B;

controllo automatico di frequenza.

Caratteristiche dell'antenna:

tipo: cilindro-parabolico tagliato da due piani orizzontali;

dimensioni alla bocca: 160×12 cm;

apertura del fascio: orizzontale: 1°, 6; verticale: 20°;

polarizzazione: orizzontale;

rotazione uniforme: 18-20 giri al minuto.

(77)

FABBRICA ITALIANA VALVOLE RADIO ELETTRICHE

BOLLETTINO D'INFORMAZIONI

DEL SERVIZIO CLIENTI

ANNO VI - N. 38
Luglio 1952

1) Nuove valvole: 35QL6 - 35X4.

Le due valvole miniatura 35QL6, 35X4, di cui presentiamo i dati caratteristici in questo bollettino, sono state studiate in vista dell'impiego nei ricevitori che si possono dire di tipo intermedio. Infatti mentre gli apparecchi di maggior pregio possono essere equipaggiati con valvole che diano le massime prestazioni a 250 volt e oltre, e d'altra parte gli apparecchi economici senza trasformatore d'alimentazione richiedono valvole da far funzionare con tensioni massime dell'ordine del centinaio di volt, esiste una categoria intermedia di ricevitori, alimentati con autotrasformatore, per i quali è utile poter disporre di valvole che funzionino con tensioni dell'ordine di 150 ÷ 180 volt, fornendo una potenza utile sufficiente a dare prestazioni di buona qualità.

A questi requisiti rispondono egregiamente il pentodo finale 35QL6 e il diodo raddrizzatore 35X4, i quali, in unione alla 12BE6 per la conversione, alla 12BA6 per l'amplificazione a frequenza intermedia e alla 12AT6 per la rivelazione, completano una serie adatta alla realizzazione dei ricevitori di cui si è detto.

In particolare va segnalato che la valvola finale ha caratteristiche adatte a fornire potenza di qualche watt con bassa tensione anodica mentre il diodo differisce dalla 35W4 perchè è in grado di sopportare una tensione inversa più elevata (700 V invece di 330 V) il che lo rende appunto adatto alla realizzazione di ricevitori funzionanti con tensioni anodiche da 150 a 200 V.

Inoltre la 35X4 contrariamente ai diodi consigliati per l'uso dei ricevitori senza trasformatore, non ha la presa intermedia sul filamento, perchè si è ritenuto che essa non fosse necessaria, potendosi alimentare la lampadina della scala da una presa speciale sull'autotrasformatore. Le altre caratteristiche risultano evidenti da quanto segue:

a) 35QL6

Pentodo finale, caratterizzato da potenza utile di 4,25 W con tensione di 180 V.

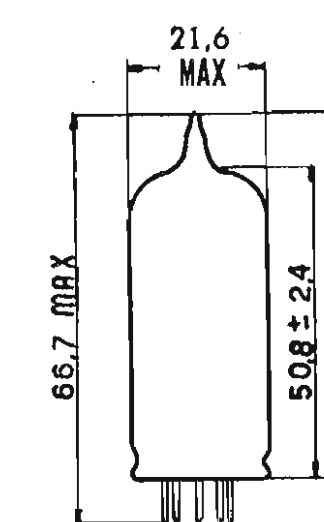



Fig. 1 — Dimensioni di ingombro della valvola 35QL6.

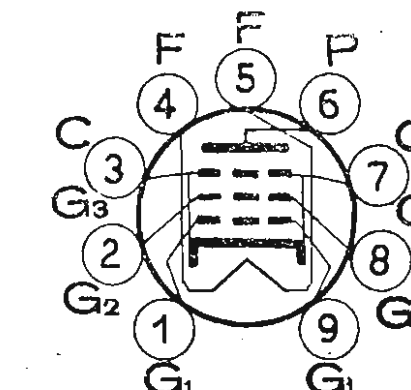



Fig. 2 — Disposizione dei collegamenti degli elettrodi ai piedini della valvola 35QL6 (vista da sotto).

CARATTERISTICHE E DATI DI FUNZIONAMENTO

Catodo:	a riscaldamento indiretto (1)
Accensione (c.c. o c.a.)	35 V 0,15A
Posizione di montaggio	qualsiasi

CONDIZIONI MASSIME DI FUNZIONAMENTO

Massima tensione anodica	250 V
Massima tensione di schermo (gr)	250 V
Massima dissipazione anodica	9,5 W
Massima dissipazione di schermo	4 W
Massima tensione fra filamento e catodo	150 V
Massima resistenza di griglia:	
con polarizzazione catodica	1 MΩ
con polarizzazione fissa	0,1 MΩ

CAPACITÀ INTERELETTRODICHE DIRETTE
(*senza schermo esterno*)

Griglia 1 - anodo	1,5 pF
Griglia 1 - filamento	0,25 pF
Di entrata	12,5 pF
Di uscita	6,0 pF

(1) La tensione tra filamento e catodo, quando essi non sono connessi direttamente, deve essere tenuta più bassa che sia possibile.

CONDIZIONI NORMALI DI IMPIEGO

Una valvola amplificatrice in classe A_1

Tensione anodica	105	120	180 V
Tensione di schermo	105	120	180 V
Tensione di griglia	− 6	− 7	− 11,5 V
Corrente anodica in assenza di segnale	32	36	52 mA
Corrente anodica con segnale massimo	34	39	56 mA
Corrente di schermo in assenza di segnale (circa)	5,75	6,7	10 mA
Corrente di schermo con massimo segnale (circa)	11,5	14	22,5 mA
Resistenza anodica	18	17	18 kΩ
Transconduttanza	8,3	8,8	9,5 mA
Resistenza di carico	3	3	3 kΩ
Potenza d'uscita col 10% di distorsione totale	1,3	1,8	4,25 W
Tensione d'ingresso corrispondente (valore efficace)	3,8	4,2	6,5 V
Potenza d'uscita per massima tensione d'ingresso	1,4	2,0	5 W
Tensione d'ingresso corrispondente (valore efficace)	4,2	4,9	8,1 V
Tensione d'ingresso per 50 mW di potenza d'uscita (valore efficace)	0,6	0,6	0,55 V

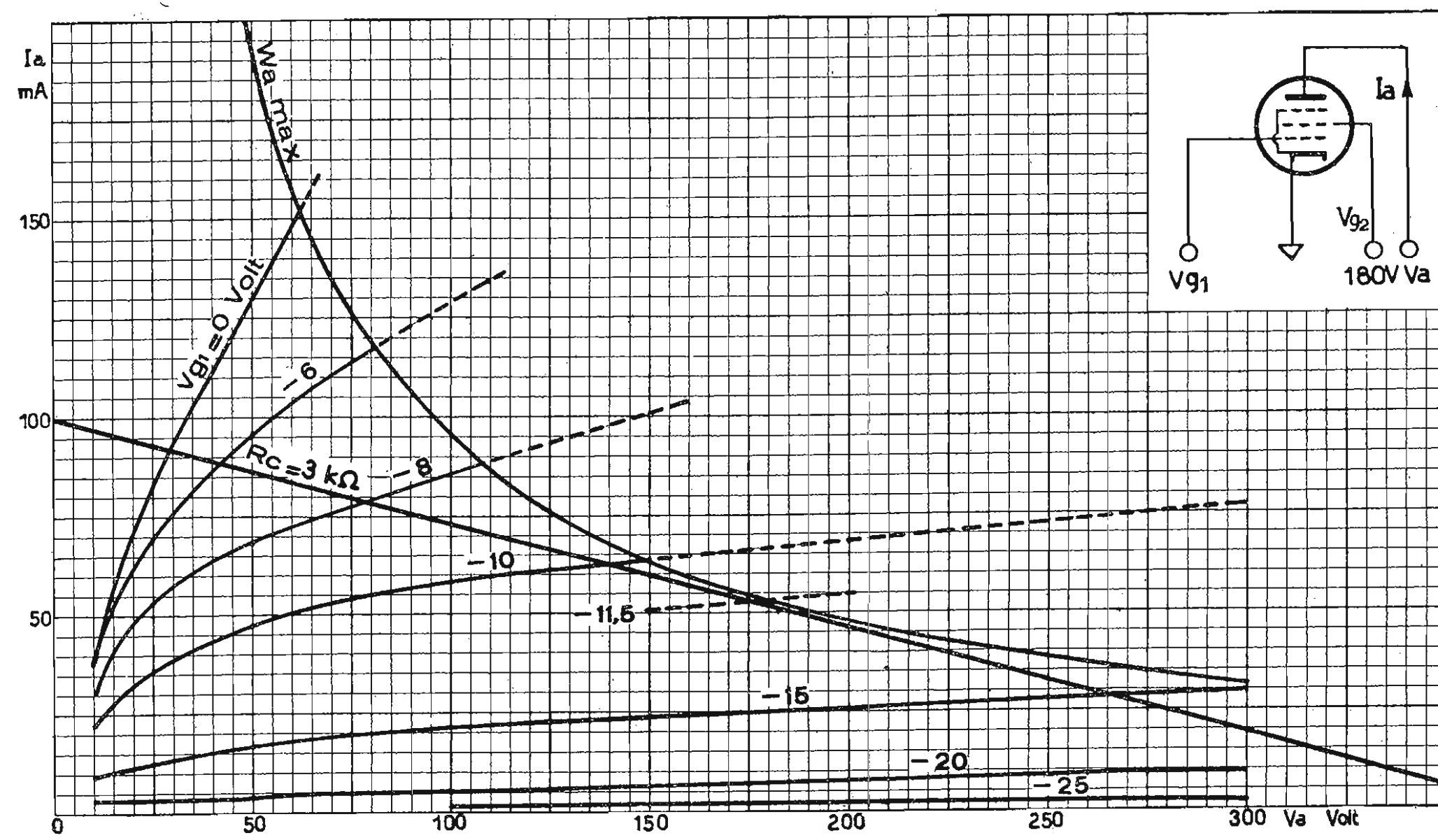



Fig. 3 — Caratteristiche anodiche della valvola 35QL6 con tensione di schermo di 180 V.

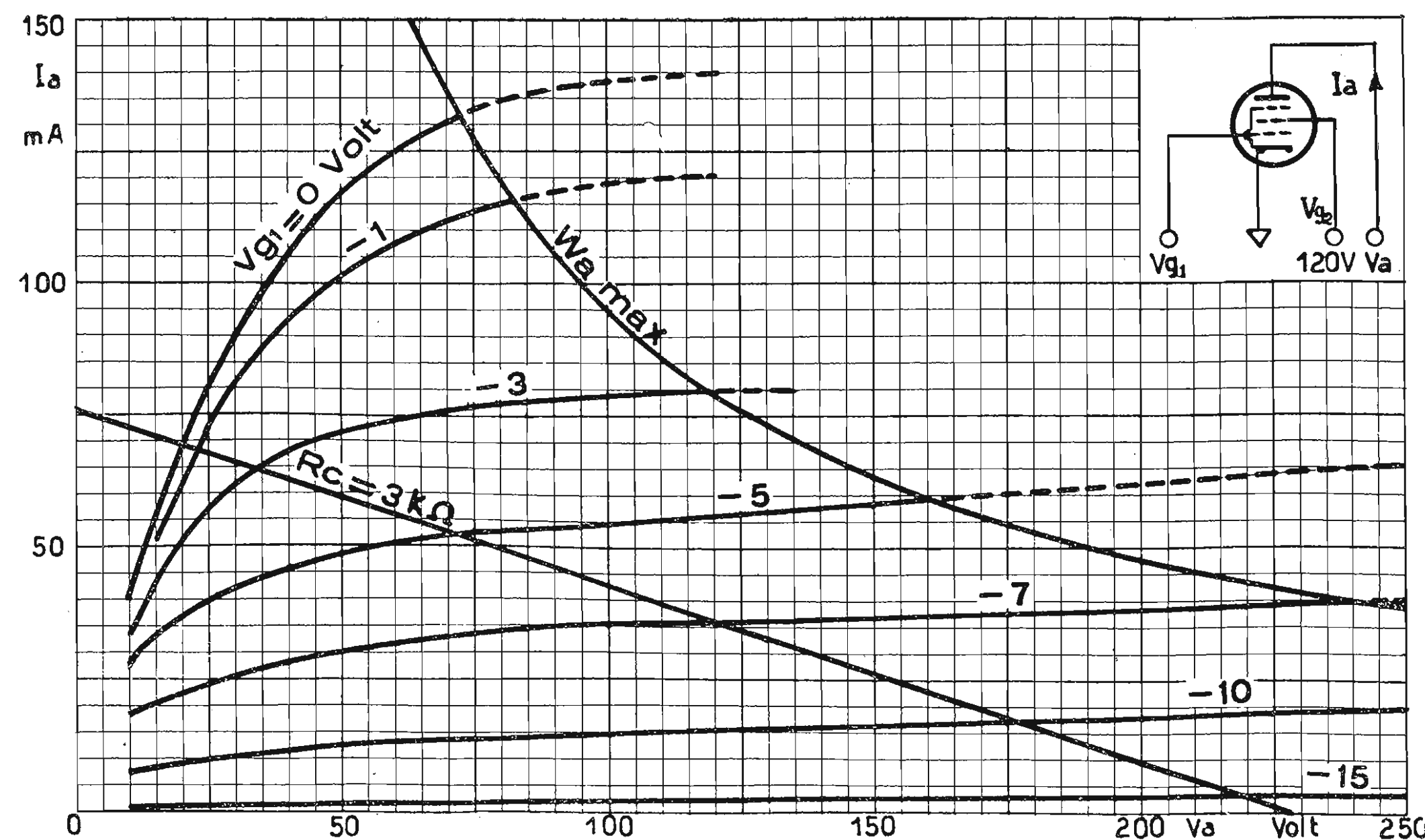



Fig. 4 — Caratteristiche anodiche della valvola 35QL6 con tensione di schermo di 120 V.

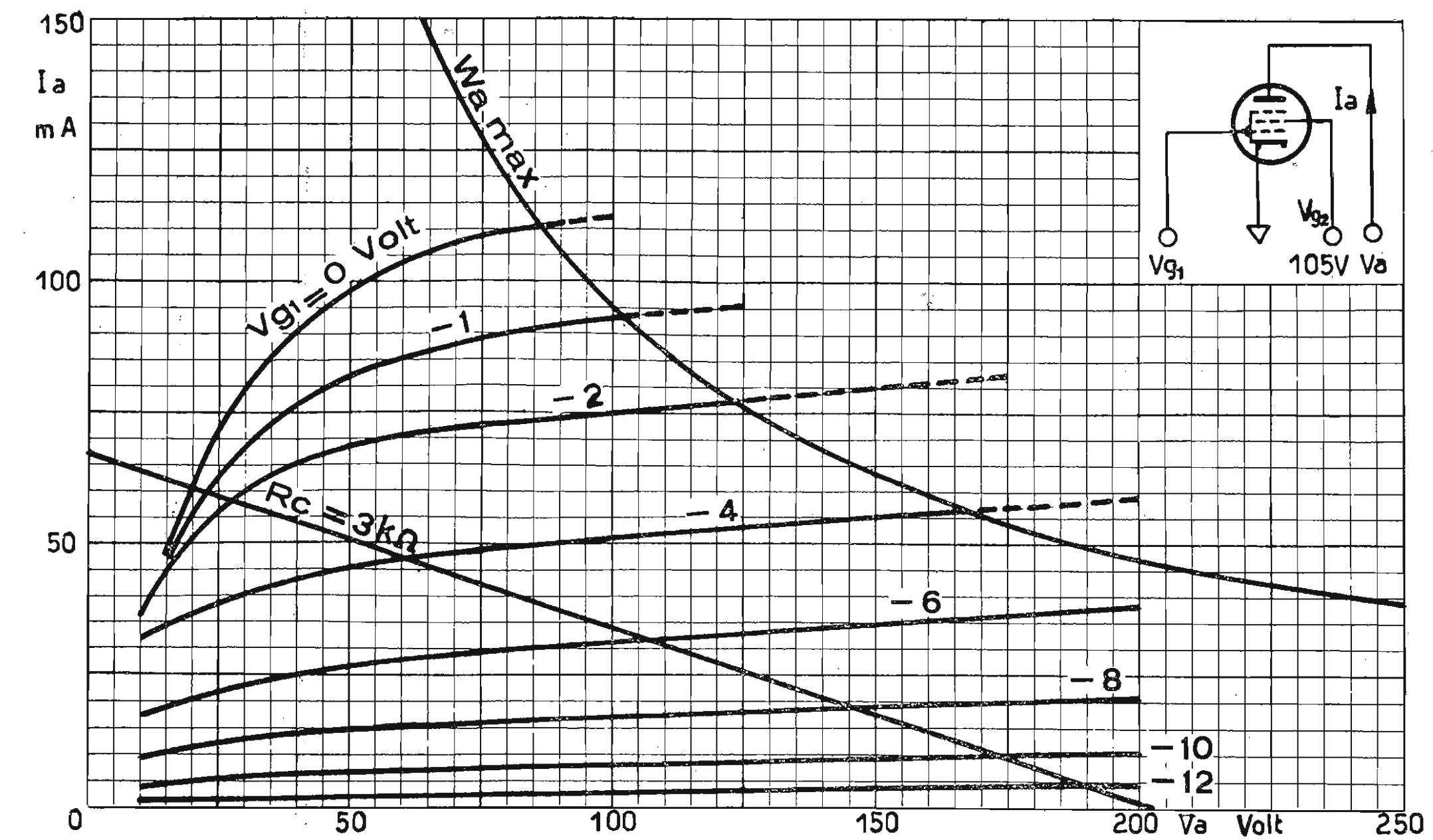



Fig. 5 — Caratteristiche anodiche della valvola 35QL6 con tensione di schermo di 105 V.

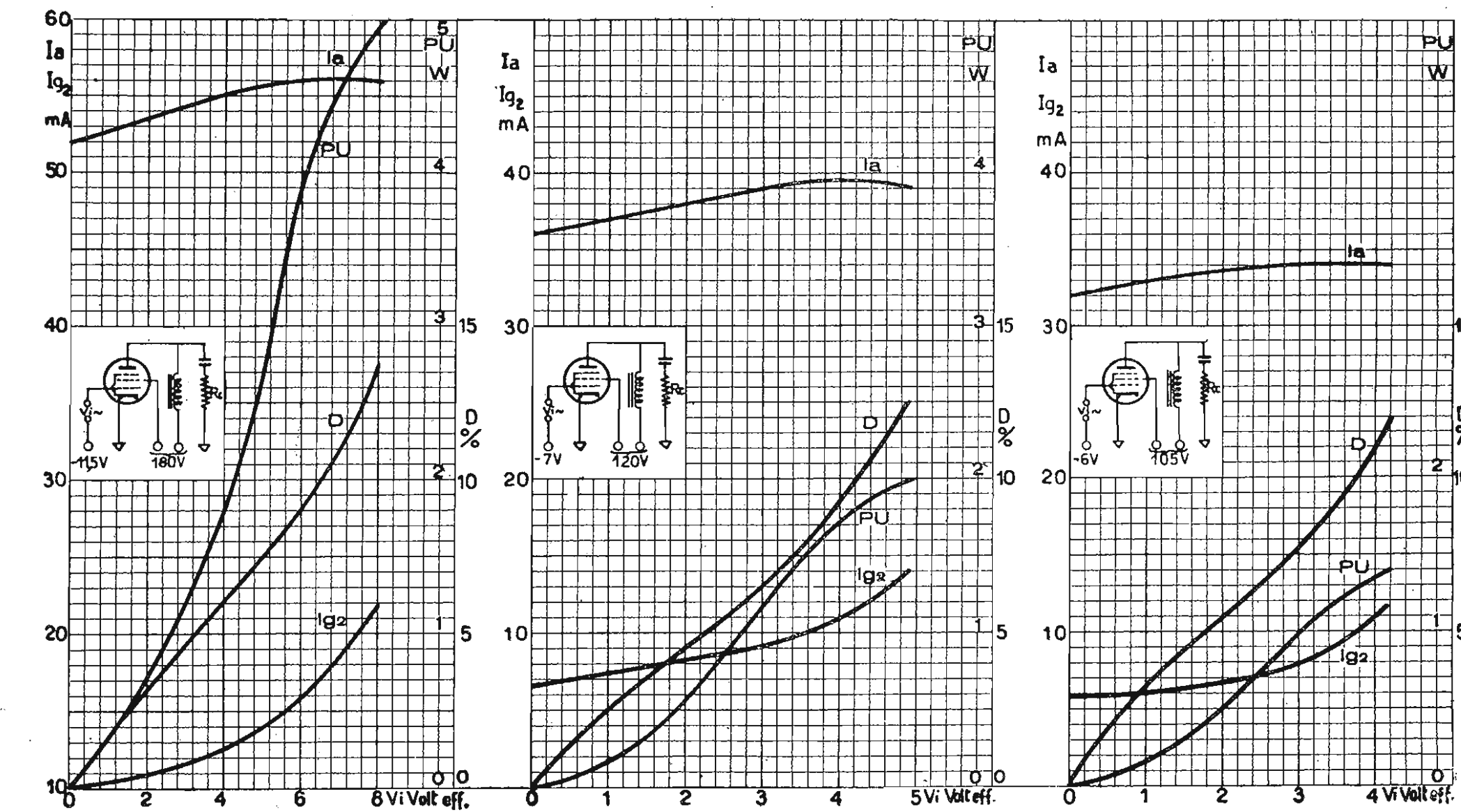



Fig. 6 — Caratteristiche di funzionamento della valvola 35QL6.

b) **35X4**

Diodo raddrizzatore capace di fornire 100 mA di corrente continua con tensione inversa massima di 700 V di cresta.

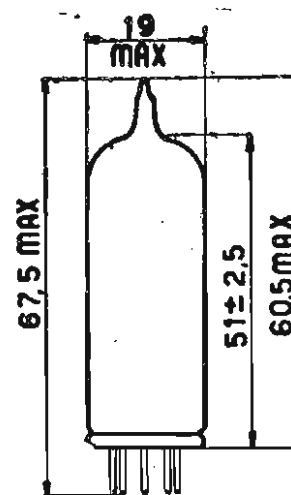



Fig. 7 — Dimensioni di ingombro della valvola 35X4.

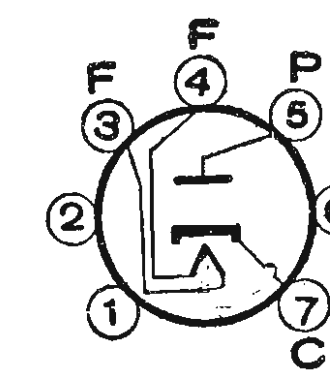



Fig. 8 — Disposizione dei collegamenti degli elettrodi ai piedini della valvola 35X4 (vista da sotto).

CARATTERISTICHE E DATI DI FUNZIONAMENTO

Catodo:	a riscaldamento indiretto
Accensione (c.c. o c.a.)	35 V 0,15 A
Posizione di montaggio	qualsiasi

RADDRIZZATORE DI UNA SEMIONDA
CONDIZIONI MASSIME

Massima ampiezza della tensione inversa	700 V
Massima ampiezza della corrente anodica	600 mA
Massima tensione continua tra filamento e catodo	450 V
Massima corrente d'uscita	100 mA

CONDIZIONI NORMALI D'IMPIEGO

Tensione anodica (¹)	110	125	220 V
Capacità di ingresso al filtro	40	40	40 μF
Minima impedenza effettiva nel circuito anodico (²)	15	15	100 Ω
Tensione continua all'ingresso del filtro (circa):			
con corrente continua di 100 mA	105	120	210 V
con corrente continua di 50 mA	120	140	240 V

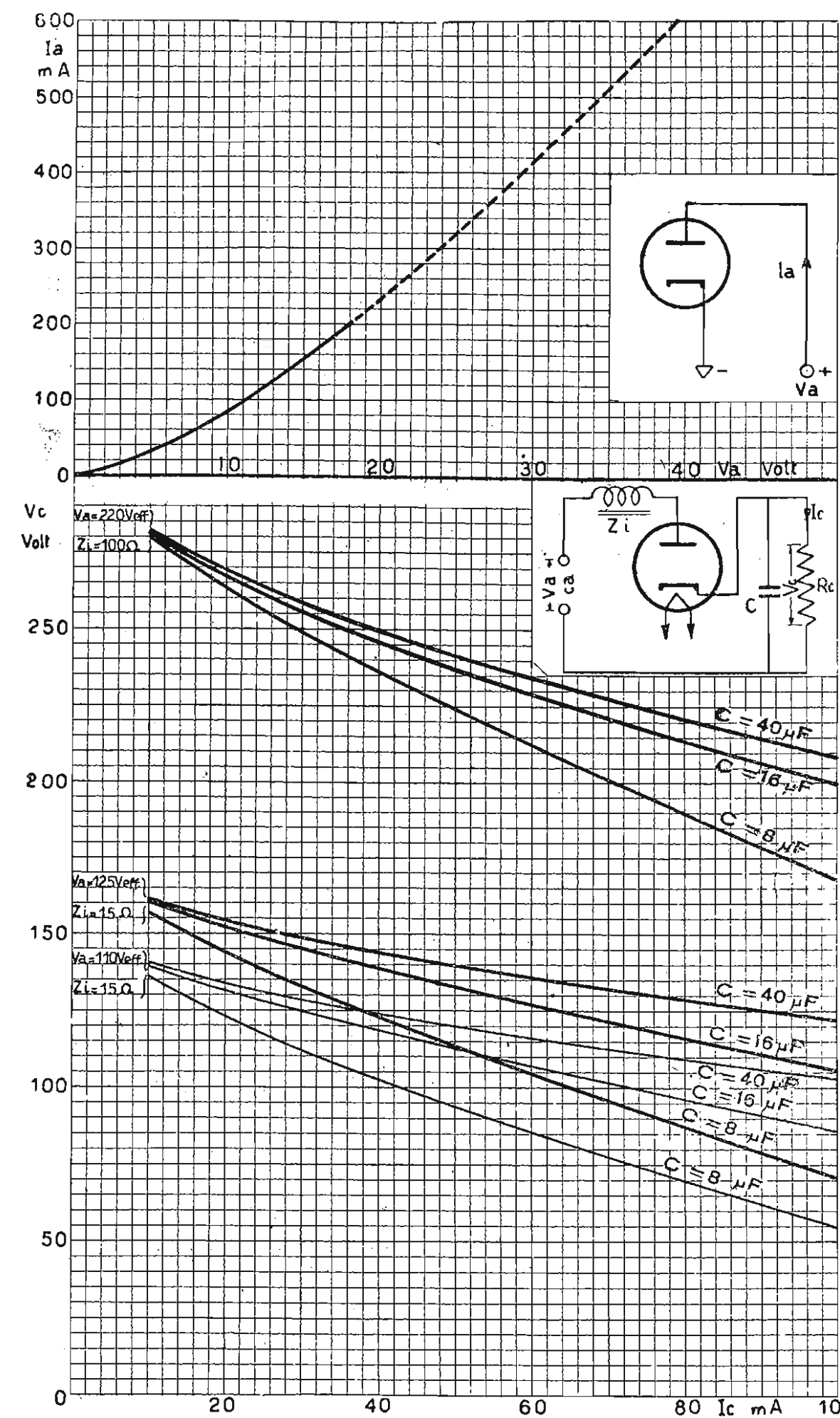



Fig. 9 — Caratteristiche anodica e di funzionamento della valvola 35X4.

Ne diamo notizia, perchè riteniamo di fare cosa gradita ai possessori del Manuale accentrando la distribuzione in una sola spedizione, in luogo delle solite trimestrali.

Così i dati relativi alle valvole più recenti e oggi di uso più frequente saranno immediatamente disponibili, senza attendere molti mesi per il loro completamento.

(¹) Si può usare una tensione alternata d'ingresso superiore a 125 V, purchè si inserisca un resistore di almeno 100 Ω in serie con il conduttore anodico.

(²) Con un condensatore d'ingresso del filtro di capacità superiore a 40 μF, può essere necessario, per mantenere la ampiezza della corrente anodica entro il limite stabilito, che l'impedenza del circuito anodico abbia valore superiore al minimo indicato.

2) Manuale tubi riceventi.

A completamento dei dati raccolti sul manuale a fogli mobili, sono in distribuzione i foglietti delle caratteristiche dei seguenti tipi:

a) Serie a 1,4 volt:

1) 1A3 - diodo raddrizzatore a RF;
2) 1U5 - diodo-pentodo;
3) 3A4 - pentodo amplificatore di potenza.

b) Serie miniatura (speciali e per TV):

1) 1B3GT - diodo raddrizzatore ad A.T.;
2) 6AB4 - triodo amplificatore per R.F.;
3) 6AV5GT - amplificatore di potenza a fascia per TV;
4) 6CB6 - pentodo amplificatore a RF;
5) 6W4GT - diodo raddrizzatore per TV;
6) 12AU7 - doppio triodo;
7) 12AX7 - doppio triodo ad alto μ;
8) 12BH7 - doppio triodo per TV;
9) 35QL6 - pentodo amplificatore di potenza;
10) 35X4 - diodo raddrizzatore;
11) 50C5 - tetrodo di potenza a fascio.

3) Manuale tubi trasmittenti.

Incoraggiati dal successo di interesse incontrato dal Manuale tubi riceventi e sollecitati da continue richieste, abbiamo da qualche tempo iniziato la preparazione del Manuale tubi trasmittenti. Esso ha formato, veste e tipo di presentazione identici a quelli del primo Manuale, tenuto naturalmente conto delle diverse esigenze dell'utente delle valvole trasmittenti e delle particolari caratteristiche di queste. Contiamo di iniziare fra non molto la distribuzione, per la quale desideriamo di non mandare un semplice campione, ma un insieme già abbastanza completo.

Non siamo ancora in grado di fissare il prezzo di abbonamento, ma siamo in grado di assicurare che verrà curato un servizio di aggiornamenti simile a quello in corso per il Manuale tubi riceventi, e che il prezzo verrà contenuto nei limiti più modesti che sia possibile.

FIVRE

Ufficio Pubblicazioni Tecniche

Via Fabio Filzi n. 1 - Pavia

LIBRI E PUBBLICAZIONI

G. Giorgi - G. Madia: **Elettrotecnica generale** (per Istituti Industriali).

Un volume di 396 pag., con 134 figure. Ed. Società Editrice Internazionale, Torino, 1951, L. 1800.

Questo volume viene pubblicato circa un anno dopo la morte di Giovanni Giorgi, il quale ha legato il suo nome al sistema razionalizzato di unità elettriche e ad una serie di opere scientifiche, quali le ricerche sui principi rigorosi del calcolo simbolico, che ne hanno reso il nome universalmente conosciuto.

Questo testo, dedicato agli studenti degli Istituti Industriali, sarà effettivamente letto con grande utilità ed interesse da una ben più vasta cerchia di lettori, che ne apprezzeranno le innovazioni di trattazione e la esposizione mirabilmente chiara ed efficace.

Il primo capitolo è dedicato alle unità di misura generali; si passa poi a trattare dei fenomeni elettrici, tralasciando lo schema ormai classico di iniziare lo studio dai fenomeni elettrostatici, ma definendo la intensità di corrente, la sua misura, per passare alle applicazioni dei principi di Kirchhoff, ed alle definizioni di potenziale e di forza elettromotrice. Dal punto di vista didattico sono quanto mai efficaci le note che danno esempi degli ordini di grandezza che si incontrano in pratica delle varie unità man mano che vengono definite, abituando così il lettore a considerare concretamente i vari elementi dei quali prende conoscenza.

Il terzo capitolo tratta dei conduttori, con un cenno anche ai semiconduttori: in seguito si tratta dell'elettrochimica, della conducibilità degli elettroliti, pile ed accumulatori.

I successivi quattro capitoli, seguendo il classico schema, espongono i fenomeni nei circuiti a corrente alternata, portano al calcolo delle impedenze, a quello delle reti di circuiti, dei transitori e dei circuiti polifasi. Infine un ultimo capitolo è riservato alla descrizione sommaria dei vari effetti di piezoelettricità, triboelettricità e via dicendo.

La seconda parte del volume ci porta alla considerazione dei campi scalari e vettoriali, riducendo al minimo le formule, e cercando di imprimere una descrizione fisica e fenomenologica dei campi. Queste nozioni sono poi applicate allo studio del campo nei conduttori e nei dielettrici, con esempi di alcune fra le più importanti configurazioni, e ricerca delle relazioni energetiche.

Due capitoli sono di carattere eminentemente fisico, descrivono i fenomeni di scarica nei gas, l'arco voltaico, ed i principi fondamentali di elettronica, radioattività, fotoelettricità.

Due sono i capitoli dedicati all'elettromagnetismo: si definiscono e si danno esempi delle principali unità, di induzione e di flusso, per passare alle leggi fondamentali dell'elettromagnetismo ed al calcolo dei circuiti magnetici. I fenomeni nei corpi ferromagnetici, i circuiti magnetici con avvolgimenti elettrici, lo studio di vari campi magnetici portano il lettore alla conoscenza di quelle prime fondamentali nozioni utili al calcolo delle macchine elettriche: ed è in questi capitoli che essenzialmente si rivela la chiarezza e la sintesi della trattazione. I fenomeni di induzione e lo studio delle forze meccaniche di origine elettromagnetica completano le nozioni di questa parte, mentre un ultimo breve capitolo porta il lettore ad una prima conoscenza dei fenomeni di propagazione lungo le linee e nello spazio.

Alcune appendici di carattere storico, e tavole numeriche completano il volume. Ad ogni capitolo sono proposti numerosi esercizi e problemi numerici.

Tutta la trattazione è svolta riducendo al minimo il ricorso a formule o a calcoli di carattere non elementare: quindi è eminentemente fisica, fenomenologica: tratta anche quegli argomenti quali l'elettronica, che consentono di dare allo studioso un quadro generale delle basi dell'elettrotecnica moderna: l'eleganza, la scorrevolezza, la semplicità consentono di formare questo quadro, di apprezzarne la logicità, e di formare una base sicura per chi vuole ulteriormente approfondire questi studi.

(89)

G. Sac.

A. C. Raes: **Acoustique architecturale.**

Volume di 190 pag., 127 figg. Eyrolles, Paris, ed. Fr. 1400.

Il volume del prof. Raes, della Scuola Superiore di Architettura di Bruxelles, ha intendimenti sovratutto pratici, e vuole essere una guida per chi deve occuparsi di progetti di carattere acustico ambientale. La trattazione matematica e teorica è ridotta al minimo, mentre abbondano considerazioni di carattere pratico, frutto della lunga esperienza dell'autore.

Un primo capitolo ricorda elementi di acustica generale, e stabilisce le unità di misura, che dovranno in seguito venire adottate. Si tratta poi delle proprietà generali del suono negli ambienti chiusi, dal punto di vista della riverberazione e dell'isolamento.

Il primo problema trattato con particolarità è quello dell'isolamento: le generalità sui materiali isolanti, la misura dell'isolamento, ed i dati su diversi tipi di isolanti acustici, dai muri, ai metalli, ai feltri e via dicendo.

Segue l'analisi dei materiali assorbenti: come si misurano le loro proprietà, l'approssimazione che praticamente si consegue da queste misure e l'esame di varie strutture assorbenti, per porosità e per risonanza.

I capitoli che seguono sono dedicati al problema dell'isolamento: esame delle sorgenti di rumore, livello dei rumori ammissibili. Passando all'esecuzione delle strutture isolanti, sono preziosi i vari avvertimenti pratici e gli esempi, che sono riportati con notevole abbondanza, e che possono essere di utile guida al progettista. Così si esamina l'isolamento dovuto a muri divisori, a porte, a finestre, a pavimenti, a canalizzazioni.

L'ultima parte del testo tratta invece dell'acustica delle sale, enumera i principali difetti che si possono riscontrare, e si danno gli elementi per conseguire la riverberazione e la distribuzione del suono desiderata. L'Autore è fautore degli studi su modello ridotto, e vengono riportati alcuni interessanti rilievi ottenuti con questo mezzo di indagine.

Un ultimo utilissimo capitolo dà alcuni consigli agli autori di progetti acustici, per l'organizzazione del progetto, la sua concezione, la stesura dei capitolati, i controlli a lavoro eseguito.

Come si è detto, si tratta di un testo veramente pratico, redatto in stile semplice, pieno di vivaci ed anche argute osservazioni, che ne rendono la lettura piacevole, e sovratutto ricco di dati, che sono il frutto, non di rielaborazione di dati altrui, ma di una diretta esperienza professionale dell'autore.

(88)

G. Sac.

NOTIZIARIO

CONFERENZE PRESSO L'A. E. I. SEZIONE DI TORINO

Presso la Sezione Torinese dell'Associazione Elettrotecnica Italiana è stata organizzata una interessante serie di conferenze. Riportiamo brevi resoconti su quelle tenute finora dopo quella inaugurale del 22 novembre scorso, di cui è già stato fatto cenno nel numero scorso e durante la quale il prof. Mario Boella dell'I.E.N.G.F. ha trattato il tema: *La televisione a colori.*

14 dicembre - Dr. ing. Bruno Peroni della Soc. Magneti Marelli - « Introduzione alla teoria delle informazioni ».

La cibernetica è una scienza nuova, ma è nelle sue teorie che la tecnica delle telecomunicazioni troverà i punti di partenza per gli sviluppi futuri. Questo ha voluto affermare l'oratore che, con grande chiarezza, ha illustrato i fondamenti di questa teoria basata sul concetto di quantità di informazione contenuta nel segnale e corredando la sua esposizione con esempi di pratica importanza al fine di rendere più evidente ed operante quanto teoricamente espresso.

22 dicembre - Ing. Guido Kraos - « Calcolo concettuale ».

L'argomento più che calcolo può considerarsi un metodo sistematico per istituire un insieme di operazioni praticabili sui concetti e si ricollega ad una teoria espressa precedentemente da Grisogono.

15 gennaio 1952 - Dr. ing. Luigi Pallavicini della Ditta FACE - « Ponti radio per televisione ».

Rilevate inizialmente le caratteristiche elettriche delle emissioni televisive con particolare riferimento alla larghezza di banda dei canali delle trasmissioni monocromatiche, l'oratore ha messo in evidenza le differenti esigenze di un ponte radio per TV e di uno per trasmissioni multiple telefoniche. In seguito, premesse alcune considerazioni sulla propagazione delle microonde, sono state analizzate le differenze principali tra diversi tipi di amplificatori per microonde, soffermandosi in modo particolare sugli amplificatori ad onde progressive.

22 gennaio - Dr. ing. Amilcare Berni della Soc. Montecatini - « L'attuale sviluppo dell'industria idroelettrica in Svezia - Notizie e considerazioni ».

Esaminate inizialmente le caratteristiche orografiche ed idrografiche della Svezia in relazione alle conseguenziali realizzazioni e possibilità dell'industria idroelettrica svedese, l'oratore si è soffermato, in modo particolare, sul problema tecnico delle trasmissioni di energia con linee ad altissima tensione, corredando le informazioni con numerose proiezioni. Questi rilievi di carattere tecnico sono stati seguiti da rilievi di carattere economico, con interessanti paragoni, tenuto conto delle rispettive condizioni ambientali, tra l'industria idroelettrica svedese ed italiana.

5 febbraio - Ing. Luigi Cibrario della Compagnia Westinghouse - « I raddrizzatori a secco e le loro applicazioni industriali ».

Premesse alcune nozioni sulle caratteristiche tecnologiche e funzionali dei moderni raddrizzatori a secco, l'oratore ha voluto mettere in evidenza l'importanza attualmente acquisita da questi sistemi di conversione, fornendo un interessante quadro delle molteplici applicazioni nei diversi campi dell'elettrotecnica.

12 febbraio - Dr. ing. Andrea Caturi della RAI - « Moderna tecnica dei ricevitori televisivi ».

Attraverso un esame dettagliato, seppure schematico, delle varie parti componenti un ricevitore TV, l'oratore ha voluto analizzare le principali caratteristiche tecniche di un ricevitore TV, traendo quindi le considerazioni più significative per la determinazione delle migliori condizioni di funzionamento anche al vaglio delle opportunità economiche.
(62)

MISURE DI CAMPO IN ELICOTTERO

Presso il Centro trasmittente a onde corte di Issoudun (Francia) sono state effettuate recentemente (così comunica il Bollettino di Documentazione e di Informazione della Unione Europea di Radiodiffusione) misure dell'irradiazione nello spazio delle antenne rombiche per onde corte, con l'aiuto di un elicottero.

L'elicottero portava un'antenna di misura collegata con cavo coassiale agli amplificatori e registratori installati a bordo. Le prove si sono svolte misurando il campo elettromagnetico lungo cerchi orizzontali di 2 km di raggio descritti a varie altezze intorno all'antenna in esame. E' stato così possibile rilevare il diagramma di radiazione di un'antenna per diverse frequenze.

Si fa notare che è la prima volta che in Francia vengono rilevati diagrammi di radiazione di antenne nello spazio. Esperimenti del genere sono stati compiuti in altri Paesi per mezzo di palloni e, più recentemente, di elicotteri. Sembra però che sia la prima volta che l'elicottero viene usato nel campo delle onde corte per la radiodiffusione, in cui le difficoltà pratiche sono particolarmente notevoli essendo la lunghezza d'onda dello stesso ordine di grandezza delle dimensioni dell'apparecchio volante.

Sono stati raccolti dati importanti sul funzionamento degli aerei. Le misure hanno difatti messo in rilievo la necessità del controllo sperimentale della radiazione delle antenne per perfezionarne la messa a punto. L'interesse della questione non è solamente tecnico, ma anche economico. Nello stato attuale delle installazioni di radiodiffusione, infatti, un miglioramento della ricezione può ottenersi ben più economicamente perfezionando le antenne che non aumentando la potenza dei trasmettitori.
(55)

LA PRODUZIONE DI RICEVITORI TELEVISIVI NEGLI STATI UNITI D'AMERICA

Il Bollettino dell'U.E.R. informa che la produzione di ricevitori per televisione negli Stati Uniti d'America nell'anno 1951 è stimata in 5,3 milioni di apparecchi. Di questi, il 71% è stato costruito da 10 grandi fabbriche, una delle quali ne ha costruito da sola il 13%. Sembra che la produzione sia stata deliberatamente ridotta in seguito ad una certa tendenza alla superproduzione manifestatasi nell'anno precedente. Le intenzioni dei costruttori sono di lasciare stabilizzare il mercato: si attende tuttavia un aumento della produzione e una diminuzione dei prezzi di vendita in conseguenza dell'entrata in funzione del collegamento Atlantico-Pacifico. Queste previsioni non tengono però conto degli ostacoli che il riarmo potrà opporre alla costruzione di televisori.
(56)

LA TELEVISIONE IN GIAPPONE

L'Ente radiofonico statale giapponese « Nippon Hoso KyoKai » ha elaborato un vasto piano per il futuro servizio di televisione di quel paese. Il canone di abbonamento è stato fissato in 200 yen al mese, corrispondenti a circa 370 lire italiane. Si sta allestendo provvisoriamente uno studio nel vecchio palazzo della radio; successivamente ne verranno costruiti altri nel nuovo palazzo attualmente in progetto. Entro il 1952 verranno installati tre trasmettitori a Tokio, a Osaka e a Nagoya. Entro il 1956 verranno installati 32 trasmettitori, di potenza unitaria variante tra 1 e 10 kW, per una potenza complessiva di 104 kW, con i quali si conta di servire 10,2 milioni di famiglie, cioè il 61% di tutte quelle che costituiscono la popolazione del paese. Tale rete comporterà una spesa di oltre 4,5 miliardi di lire.
(72)

TELEVISIONE IN FRANCIA

In campo televisivo si registra la felice riuscita della ripresa da un teatro del dramma di Maulnier *Le Profanateur*, la cui trasmissione era stata precedentemente sospesa a causa di una divergenza sorta all'ultimo istante fra la RTF e il Sindacato attori. La ripresa è valsa anche a dimostrare la possibilità di televisionare i lavori teatrali direttamente dal palcoscenico senza bisogno di ricostruire l'azione negli appositi studi televisivi.

Un altro risultato positivo colto dalla televisione francese è stato costituito dalla trasmissione dell'incontro finale della coppa calcistica di Francia, trasmissione che, insieme a quella della « 6 giorni ciclistica » realizzata al Velodromo d'inverno, « ha fatto maggior propaganda per la televisione in poche ore, che non il complesso di 7 anni di programmazioni quotidiane ». Gli unici a lagnarsi sono stati i possessori di ricevitori a 441 linee in quanto, contrariamente alle promesse, l'emissione ha potuto essere realizzata soltanto sulla definizione superiore.

Ma i due casi suddetti di telecronache sportive sono purtroppo episodi isolati e ben lungi dal costituire precedente. Gli organizzatori della « 6 giorni » e della Coppa di Francia, intanto si sono indotti a lasciare via libera alla TV, in quanto da una parte hanno considerato il numero ancora scarso dei ricevitori in funzione e dall'altra la sicurezza di realizzare in ogni caso il « tutto esaurito » e quindi l'impossibilità di ospitare altro pubblico pagante per mancanza di ulteriori posti disponibili. In altre circostanze la RTF si è trovata di fronte a ben altre richieste e ha dovuto rinunciare ad effettuare le trasmissioni: per esempio per la televisione dell'incontro del pugile Ray Robinson la richiesta fu di 4 milioni mentre quella relativa alla ripresa dei campionati ciclistici di Francia su pista si limitò a 150.000 franchi.

Direttore responsabile: DOTT. ING. VITTORIO MALINVERNI - Edizioni Radio Italiana - Torino, Via Arsenale 21 - Telef. 41.172

Con i tipi della ILTE - Industria Libraria Tipografica Editrice - Stabilimenti di Corso Bramante, 20 - Torino

LABORATORIO RADIOTECNICO

DI E. ACERBE

VIA MASSENA, 42-44
TELEFONO 42.234

TELEVISORI DELLE MIGLIORI MARCHE NAZIONALI ED ESTERE

UNDA RADIO - START
MANUTENZIONE E ASSISTENZA
GARANTITA DA UN MODERNO
LABORATORIO DI RIPARAZIONE
ADIBITO ALLA SOLA TELEVISIONE

CAMBIADISCHI E GIRADISCHI AUTOMATICI E NORMALI

A DUE E TRE VELOCITÀ

IL MEGLIO NELLE NOVITÀ TECNICHE

Ing. S. BELOTTI & C. S.A.

Telegr. Ingbelotti Milano

MILANO
PIAZZA TRENTO, 8

Telef. 5.20.51 – 5.20.52 – 5.20.53 – 5.20.20

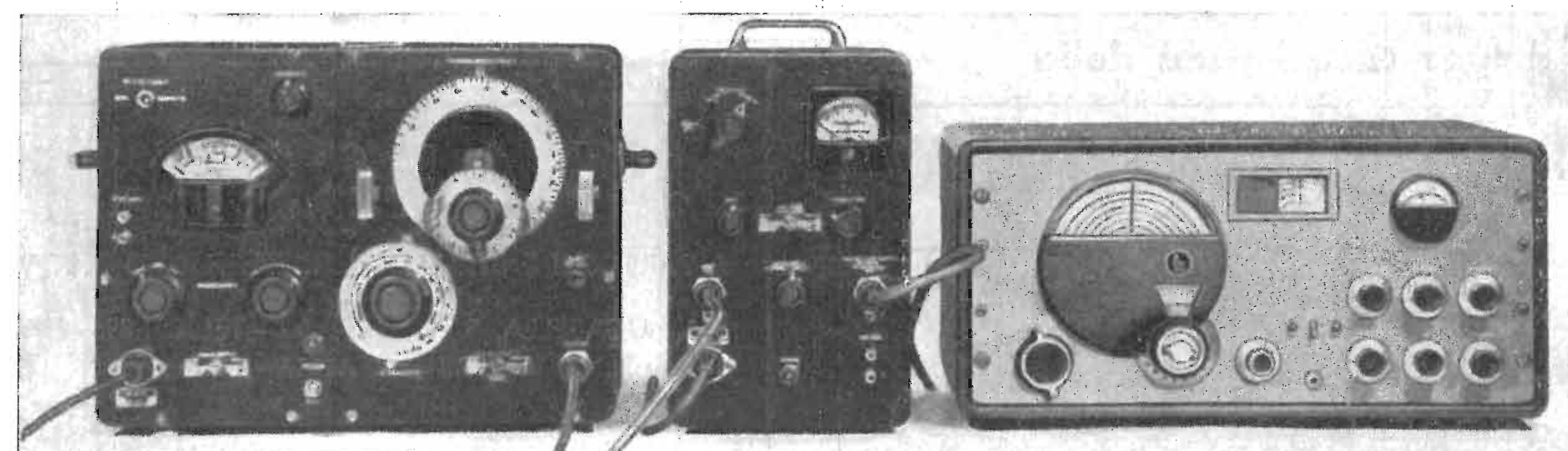
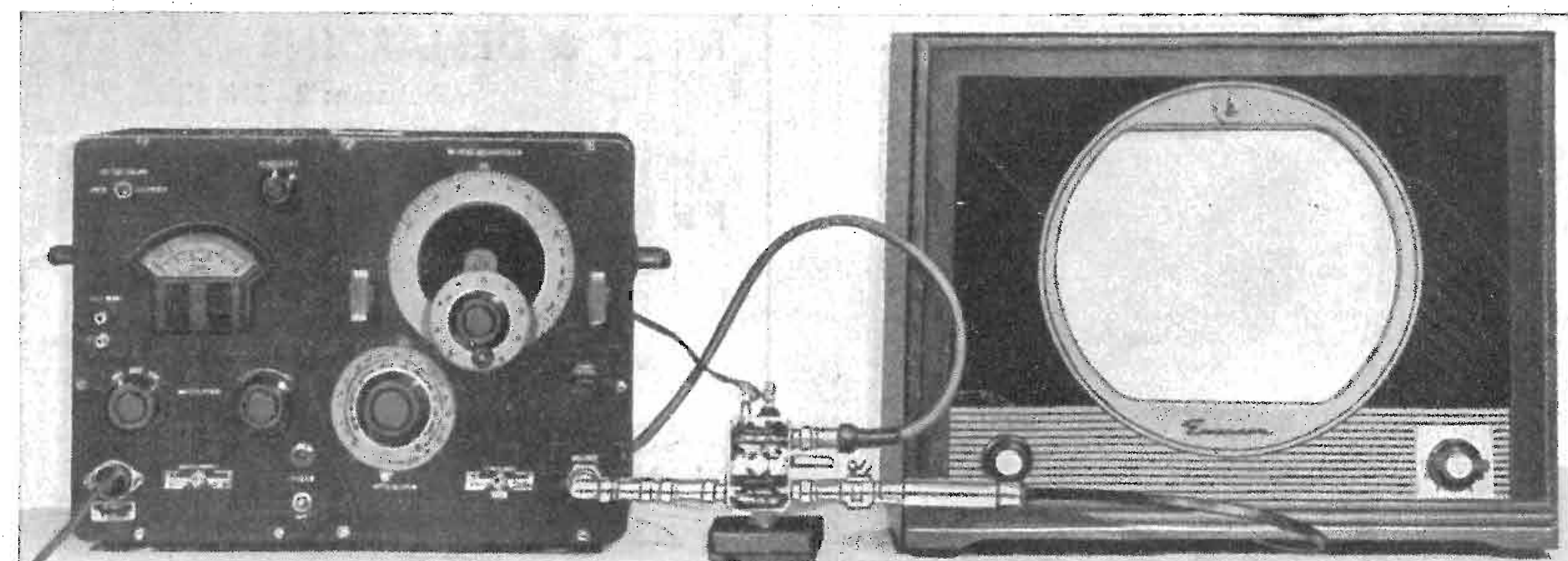
GENOVA
Via G. D'Annunzio, 1/7
Telef. 52.309

ROMA
Via del Tritone, 201
Telef. 61.709

NAPOLI
Via Medina, 61
Telef. 23.279

NUOVO GENERATORE DI SEGNALI CAMPIONE

GENERAL RADIO

Tipo 1021 - AU - 250 - 920 Mc
Tipo 1021 - AV - 50 - 250 Mc

Il generatore di segnali campione tipo 1021-A e il modulatore di ampiezza tipo 1023-A disposti per prove su radioricevitore

Il generatore di segnali campione tipo 1021-A col modulatore a diodo tipo 1000-P6 disposti per prove su ricevitore televisivo

LCC LCC LCC

CONDENSATORI A DIELETTRICO CERAMICO D'ALTA QUALITÀ

Per soddisfare ai severi collaudi meccanici e termodinamici a cui vengono sottoposti i condensatori nelle apparecchiature elettroniche moderne in continua contesa con spazio e peso, ed in pari tempo alle prestazioni elettriche « sine qua non » d'impiego, vi presentiamo questa nuova serie di condensatori a dielettrico ceramico d'alta qualità che costruiamo su licenza L.C.C. (C.ie Gen.le de T.S.F.).

Le eccezionali doti di robustezza e di minimo ingombro che li caratterizzano, assieme alle molteplici forme di esecuzione, li rendono atti a tutte le esigenze di montaggio, siano essi impiegati in RICEVITORI, APPARECCHIATURE ELETTRONICHE, TRASMETTITORI di piccola, media e grande potenza ad uso CIVILE, MILITARE, PROFESSIONALE e TROPICALE su posti fissi, mobili e portatili ultracompatti (vedi in particolare serie ultraminiatura per ricevitori e trasmettitori automatici meteorologici e di telecomando ed equipaggiamenti elettronici per aeromobili).

Le forme normali di esecuzione sono le seguenti: TUBETTO, PASTIGLIA, PIASTRINA, TUBETTO SUBMINIATURA ed ULTRAMINIATURA, TUBETTO REGOLABILE, TUBETTO MULTIPLO, PASSANTE, PIATTO e BICCHIERE. I reofori e le connessioni sono stati studiati per raggiungere un duplice scopo: robustezza meccanica di fissaggio ed autoinduzione minima. Nulla infine è stato trascurato per una migliore duttilità di impiego assieme all'estrema facilità e rapidità di montaggio.

I dielettrici ceramici L.C.C. sono soggetti ad una selezione ed a prove severe prima della costruzione dei condensatori in modo da assicurare al cliente valori di capacità insensibili alle variazioni di frequenza e coefficenti di temperatura precisi e stabili entro ampi intervalli di temperatura.

La tabella sottoriportata riassume le prestazioni dei dielettrici ceramici da noi più usati.

Il tecnico elettronico ha infine a disposizione un componente che sopporta senza danno temperature d'impiego tra — 80°C e [illegible]°C, con tensioni nominali a scelta tra 820 a 10.000 V (senza limitazione per raggruppamento) e potenze [illegible]ive in AF da qualche VAr a 20 kVAr, e soprattutto una gamma di coefficenti di temperatu[illegible] sceita a [illegible] quella di capacità della serie di precisione assicura con efficacia e nel tempo l'allineamento e la taratura di q[illegible] circuito [illegible].

Attiriamo l'attenzione sulla serie TV appositamente studiata per l'impiego negli apparecchi di ricezione televisiva.

Dielettrico	Costante dielettrica	Perdite specifiche in AF 10^{-4}	Coefficente di temperatura 10^{-6}		IMPIEGO	COLORE DISTINTIVO
M 8	7	2	+ 100	± 60	PIATTI	BIANCO
TM 20	20	2	0	± 60	TUBETTI PRECIS. e PASTIGLIE	ROSSO
TM 30	30	1	— 30	+ 30 — 45	TUBETTI serie normale e serie precisione, TUBETTI per trasmissione piccola potenza, e PIATTI media e grande potenza	MARRONE
TZ 32	35	2	— 80	+ 40 — 60	TUBETTI precisione	VIOLETTO
T 45	45	3	— 470	± 80	PIATTI media e grande potenza	ROSA
TA 65	65	4	— 700	± 200	TUBETTI serie normale e PASTIGLIA	VERDE
T 80	80	4	— 750	110 — 160	TUBETTI serie normale e precisione, trasmissione piccola potenza, PIATTI e' BICCHIERI media e grande potenza	VERDE
TB 2.000	2400	150			SUBMINIATURE	BLEU
TB 5.800	5800	200			SUBMINIATURE e ULTRAMINIATURE	BLEU

Fabbrica Italiana Condensatori S. p. A.

Via Derganino, 18 - 20 • MILA[illegible] Telef. 97.00.77 - 97.01.14